

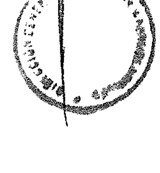
Resolución Directoral

N° 03-2018-MTC/14
Lima, 30 de enero del 2018.

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 16° de la Ley N° 27181-Ley General del Transporte y Tránsito Terrestre establece que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, es el órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, teniendo, entre otras, competencias normativas;

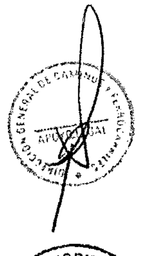
Que, en ese marco, el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado por Decreto Supremo Nº 034-2008-MTC, ha señalado en el Numeral 4.1 de su artículo 4°, que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial, fiscalizar su cumplimiento e interpretar las normas técnicas contenidas en dicho reglamento. Asimismo; su artículo 19°, en concordancia con la Primera Disposición Complementaria Final de la misma norma, señala que este Ministerio, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, elabora, actualiza y aprueba los manuales para la gestión de la infraestructura vial;



Que, el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, ha previsto en su artículo 18°, que los manuales son documentos de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio, que sirven como instrumentos técnicos a las diferentes fases de gestión de la infraestructura vial;



Que, en la relación de manuales consignados en el artículo 20º del mencionado reglamento, se encuentra el Manual de Diseño Geométrico. Dicho manual, según el artículo 21º del mismo reglamento, contiene las normas, guías y procedimientos para el diseño de carreteras conformando un elemento que organiza y recopila las técnicas de diseño vial desde el punto de vista de su concepción y desarrollo, en función a determinados parámetros, considerando aspectos de conservación ambiental y seguridad vial, coherentes con las especificaciones técnicas de construcción, así como, incluye planos tipo;



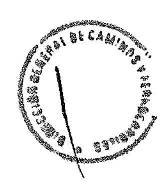
Que, en virtud a ello y en ejercicio de sus competencias, la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, a través de la Resolución Directoral N° 31-2013-MTC/14, de fecha 18 de diciembre del 2013, aprobó el Manual de Carreteras-Diseño Geométrico DG 2013. Dicha resolución fue publicada en el Diario Oficial "El Peruano", en fecha 16 de enero del 2014;



Que, con posterioridad a dicha aprobación, la Dirección de Normatividad Vial de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles realizó un proceso de revisión integral del Manual de Carreteras-Diseño Geométrico DG 2013, a fin de determinar las

modificaciones y correcciones que debían efectuarse. Una vez concluido tal proceso, la citada dirección procedió a formular una nueva versión del manual, al mes de octubre del 2014;

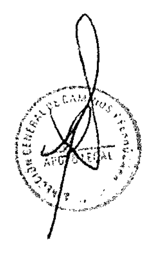
Que, en virtud a ello, la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, a través de la Resolución Directoral N° 028-2014-MTC/14, de fecha 30 de octubre del 2014, aprobó la nueva versión, a octubre del 2014, del Manual de Carreteras-Diseño Geométrico DG 2014. Dicha resolución fue publicada en el Diario Oficial "El Peruano", en fecha 27 de junio del 2015;



Que, de acuerdo a lo previsto en el artículo tercero de la Resolución Directoral N° 028-2014-MTC/14, el citado manual entró en vigencia al día siguiente de su publicación en el diario oficial, es decir, el día 28 de junio del 2015;



Que, teniendo en consideración que la normatividad vial debe estar en permanente revisión y actualización; la Dirección de Normatividad Vial designó, mediante Memorándum (M) N° 118-2017-MTC/14.04 de fecha 13 de octubre del 2017, un Grupo de Trabajo para encargarse de la actualización del Manual de Carreteras-Diseño Geométrico DG 2014;



Que, el mencionado Grupo de Trabajo ha efectuado una labor de modificación, mejora, actualización y eliminación de diversos aspectos del manual y para ello, ha recogido los aportes, entre otros, de: consultores y profesionales del ramo, así como, del Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional-PROVIAS NACIONAL. Concluida esta labor, el citado Grupo presentó a la Dirección de Normatividad Vial, mediante Informe N° 001-2017-MTC/14.04.GT:DG de fecha 12 de diciembre del 2017, la versión actualizada del Manual de Carreteras-Diseño Geométrico DG-2014;



Que, la Dirección de Normatividad Vial ha acogido la nueva versión del citado manual y, por tanto, mediante Informe N° 003-2018-MTC/14.04 de fecha 25 de enero del 2018, lo ha presentado a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, recomendando su aprobación correspondiente. Asimismo; en dicho informe ha señalado que: i) de conformidad con lo previsto en el Numeral 3.2 del artículo 14° del "Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General" aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, resulta innecesaria la prepublicación de dicha actualización ya que las modificaciones que prevé no son sustanciales y se contraen a aspectos formales, y ii) se debe derogar la Resolución Directoral N° 028-2014-MTC/14;

Que, en virtud de lo expuesto, resulta pertinente dictar el acto administrativo de aprobación correspondiente;



Resolución Directoral

N° 03-2018-MTC/14
Lima, 30 de enero del 2018.

De conformidad con la Ley N° 29370-Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Decreto Supremo N° 021-2007-MTC, y en uso de las facultades conferidas por Resolución Ministerial N° 06-2016-MTC/01;

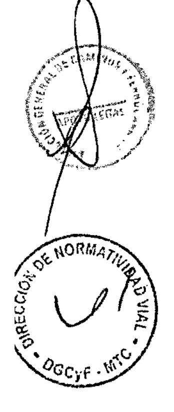
SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1.- Aprobar el Manual de Carreteras-Diseño Geométrico DG 2018, el cual obra en Anexo que consta de doscientos ochenta y cuatro (284) páginas, y cuyo original forma parte integrante de la presente Resolución Directoral.

De conformidad con el artículo 18° del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, el manual aprobado constituye un documento de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio.



ARTÍCULO 2.- Disponer la publicación de la presente Resolución Directoral en el Diario Oficial "El Peruano". Asimismo, disponer la publicación de esta resolución y de su Anexo, en la página web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (http://www.mtc.gob.pe).



ARTÍCULO 3.- La norma aprobada por el artículo primero de la presente resolución, entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial "El Peruano".

ARTÍCULO 4.- Derogar la Resolución Directoral N° 028-2014-MTC/14, por las razones expuestas en la parte considerativa de la presente resolución.

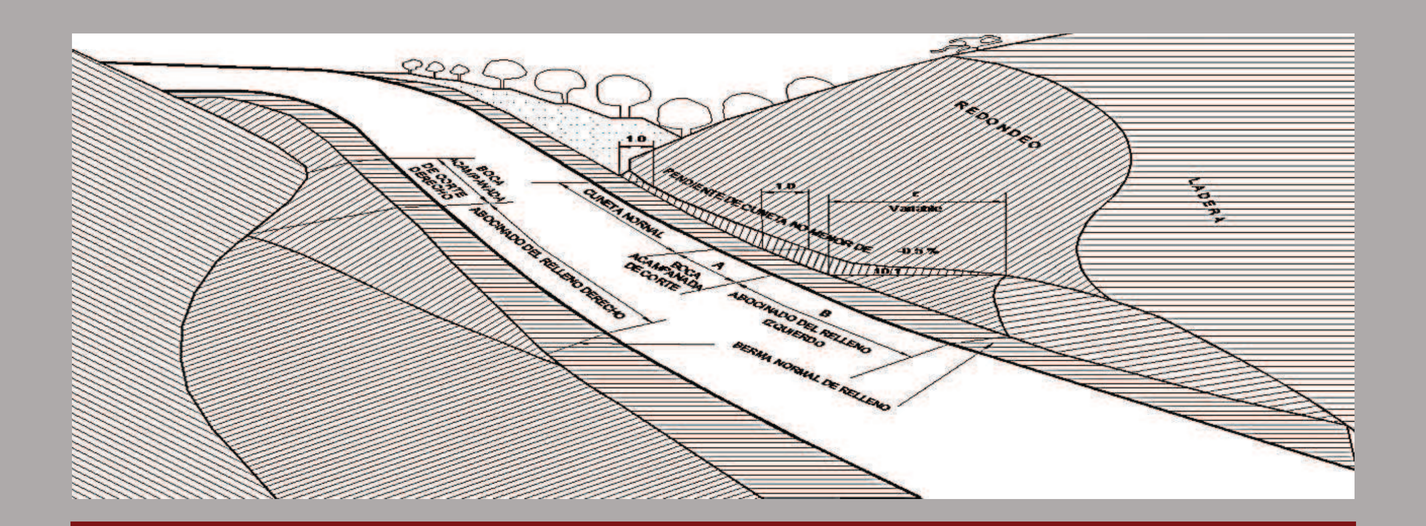
ARTÍCULO 5.- Disponer la remisión a la Dirección General de Desarrollo y Ordenamiento Jurídico del Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, en un plazo no mayor de tres (3) días hábiles de la publicación de la resolución directoral en el Diario Oficial "El Peruano", copia autenticada y el archivo electrónico del Anexo respectivo.

Regístrese, comuníquese y publíquese,

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

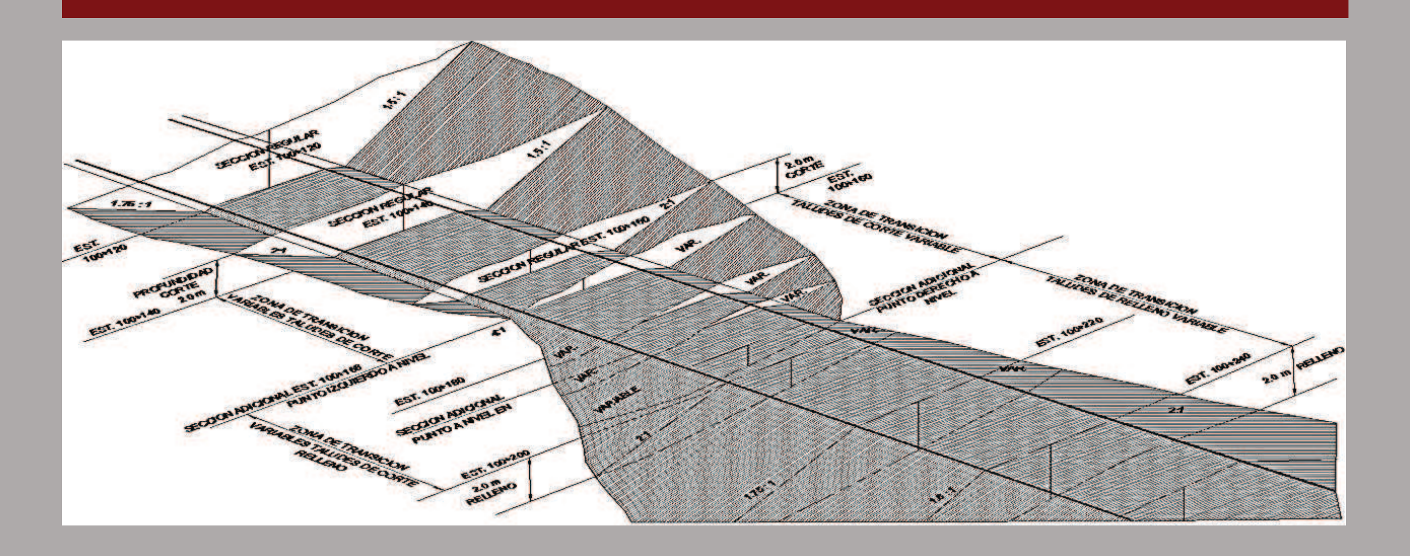
Ing. CARLOS E. LOZADA CONTRERAS
DIRECTOR GENERAL
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles





DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES

MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO DG – 2018



2018



ÍNDICE



PRESENTACIÓN

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento.

La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es el órgano de línea de ámbito nacional encargada de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles; así como de fiscalizar su cumplimiento.

El Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico"**, forma parte de los **Manuales de Carreteras** establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio, por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

El Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico"**, es un documento normativo que organiza y recopila las técnicas y procedimientos para el diseño de la infraestructura vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros. Contiene la información necesaria para diferentes procedimientos, en la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio, en concordancia con la demás normativas vigente sobre la gestión de la infraestructura vial.

La presente versión Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico (DG–2018)"**, es la actualización del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2014), aprobado por R.D. N° 028 - 2014 - MTC/14.

Teniendo en consideración que como toda ciencia y técnica, la ingeniería vial se encuentra en permanente cambio e innovación, es necesario que el presente documento sea revisado y actualizado periódicamente por el órgano normativo de la infraestructura vial del MTC, cuyas nuevas versiones serán denominadas de la siguiente manera: Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico (DG – año de actualización)"**.

Lima, Enero de 2018

GENERALIDADES

1 Organización del Manual

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras está organizado de la siguiente manera:

- GENERALIDADES
- CAPÍTULO I Clasificación de las carreteras
- CAPÍTULO II Criterio y controles básicos para el diseño geométrico
- CAPÍTULO III Diseño geométrico en planta y perfil y sección transversal
- CAPÍTULO IV Diseño geométrico de casos especiales
- CAPÍTULO V Diseño geométrico de intersecciones
- CAPÍTULO VI Coordinación del trazo en planta y perfil, y consistencia del diseño geométrico
- ANEXO I Guía de contenido de los estudios definitivos de carreteras

Cada capítulo está dividido en secciones y abarca aspectos análogos referentes a un tema específico. Las secciones tratan un determinado tema y están divididas en tópicos, a su vez estos se dividen en artículos y acápites, respectivamente.

1.1 Codificación

A manera de ejemplo, a continuación se muestra la codificación del Manual:

302.06.03 (a) corresponde a:

III	CAPÍTULO	Diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal
302	SECCIÓN	Diseño geométrico en planta
302.06	TÓPICO	Curvas compuestas
302.06.03	ARTÍCULO	Curvas vecinas del mismo sentido
302.06.03 (a)	ACÁPITE	Curva circular con curva de transición

1.2 Siglas y abreviaturas

Las abreviaturas utilizadas en el Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico (DG–2014)"**, representan lo que se indica a continuación:

- SNIP: Sistema Nacional de Inversión Pública.
- MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- PNP: Policía Nacional del Perú.
- SLUMP: Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú.
- AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- FHWA: Federal Highway Administration - USA.
- TRB: Transportation Research Board.
- PIARC: Permanent International Association of Road Congresses.
- SI: Sistema Internacional de Unidades.

1.3 Unidades de medida

Las unidades de medida utilizadas en este Manual y sus símbolos, corresponden al Sistema Legal de Unidades de Medida de Perú (SLUMP aprobada con la Ley 23560), que adopta a su vez las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI). Aquellas que no se encuentren incluidas en la lista siguiente, se definirán como lo establece el SLUMP o la norma ASTM E 380 "Standard Practice for Use of International System of Units (SI)

(The Moderniced Metric System)" o, en su defecto, en las especificaciones y normas a las cuales se hace referencia en el presente documento.

a. Unidades básicas

Símbolo	Unidad de Medida	Magnitud Física
m	metro	longitud
kg	kilogramo	masa
s	segundo	tiempo
km	kilómetro	longitud
h	hora	tiempo

Unidades derivadas

Símbolo	Unidad de Medida	Nombre unidades
m^2	metro cuadrado	área
m^3	metro cúbico	volumen
kg/m^3	kilogramo por metro cúbico	densidad
m/s	metro por segundo	velocidad
km/h	Kilómetros por hora	velocidad

b. Otras unidades

Símbolo	Unidad de Medida	Magnitud Física
min	minuto	tiempo
d	día	tiempo
l	litro	volumen
t	tonelada métrica	masa
ha	hectárea	área

Para taludes (vertical: horizontal)

Para taludes con inclinación < 1:1, expresar la inclinación del talud como la relación de una unidad vertical a un número de unidades horizontales (1:n).

Para taludes con inclinación > 1:1 expresar la inclinación del talud como la relación de un número de unidades verticales a una unidad horizontal (n:1).

1.4 Glosario de términos

La definición de los términos usados en el presente documento corresponde al "Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial", vigente.

Así mismo, se incluye los siguientes términos que serán de uso exclusivo para el presente Manual:

Carretera: Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Derecho de Vía: Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera y todos los elementos que la conforman, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el

usuario. Su ancho se establece mediante resolución del titular de la autoridad competente respectiva.

Las obras necesarias para garantizar la seguridad y funcionamiento hidráulico en los ríos, quebradas y otros cursos de agua, no están limitadas a la indicada faja del terreno que constituye el Derecho de Vía

Estudio de impacto vial: Es aquel dirigido a identificar los cambios que se generan en el tránsito vehicular y peatonal existente, como consecuencia de la implementación de un proyecto o instalación dentro o fuera del Derecho de Vía de la carretera, y establecer la solución para mitigar los impactos que puedan producirse por su funcionamiento.

Plataforma logística: Área dentro de la cual, se realizan diversas actividades relacionadas al transporte intermodal y su gestión, que incluye entre otras, transferencia de carga, logística y distribución, y está provista de los servicios públicos y privados necesarios para su funcionamiento.

Sección Transversal: Representación de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas, que nómina y dimensiona los elementos que conforman la misma, dentro del Derecho de Vía. Hay dos tipos de sección transversal: General y Especial"

Sección Transversal General: Está conformada por los elementos de la carretera, tales como: calzada o superficie de rodadura (constituida por carriles), bermas, taludes, sistema de drenaje (cunetas, alcantarillas, zanja de coronación, badenes y otros) y obras complementarias (muros, ductos y cámaras para fibra óptica, elementos del sistema de señalización, seguridad vial e infraestructura para dispositivos de control de tránsito inteligente y otros).

Sección Transversal Especial: Corresponde a los tramos de carretera que requieren soluciones de carácter integral a situaciones extraordinarias, tales como: zonas de concentración de personas, comercio, tránsito de vehículos de transporte local, interconexión con el sistema vial local, puentes, túneles y otros. Está conformada, además de algunos elementos de la Sección Transversal General, por vías auxiliares vehiculares o peatonales, ciclovías, veredas, facilidades para el uso de personas discapacitadas, intersecciones vehiculares a nivel o desnivel, puentes peatonales, pasos a desnivel para vehículos menores y/o animales, estaciones de peaje, pesaje, ensanches de plataforma y otros elementos de la misma.

Tramos homogéneos: Son aquellos que el diseñador identifica a lo largo de una carretera, a los que por las condiciones orográficas, se les asigna una misma velocidad de diseño. Por lo general, una carretera tiene varios tramos homogéneos.

Velocidad de diseño de tramo homogéneo: Es la base para la definición de las características de los elementos geométricos incluidos para un tramo homogéneo.

Velocidad de Operación: Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, sin sobrepasar la velocidad de diseño de tramo homogéneo.

CAPÍTULO I
CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

SECCIÓN 101
Clasificación por demanda

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

101.01 Autopistas de Primera Clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.02 Autopistas de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.03 Carreteras de Primera Clase

Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.04 Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.05 Carreteras de Tercera Clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

101.06 Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m.

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

SECCIÓN 102
Clasificación por orografía

Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por dónde discurre su trazo, se clasifican en:

102.01 Terreno plano (tipo 1)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazo.

102.02 Terreno ondulado (tipo 2)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin mayores dificultades en el trazo.

102.03 Terreno accidentado (tipo 3)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazo.

102.04 Terreno escarpado (tipo 4)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazo.

CAPÍTULO II
CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

SECCIÓN 201
Estudios preliminares para efectuar el diseño geométrico

201.01 Criterios generales

En esta Sección se presentan los criterios, factores y elementos que deberán adoptarse para realizar los estudios preliminares que definen el diseño geométrico de las carreteras nuevas, así como las carreteras que serán rehabilitadas y mejoradas especialmente en su trazo.

Al definir la geometría de la vía, no debe perderse de vista que el objetivo es diseñar una carretera que reúna las características apropiadas, con dimensiones y alineamientos tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del proyecto, dentro del marco de la viabilidad económica y cumpliendo lo establecido en la Sección 211: Capacidad y Niveles de Servicio, del presente capitulo.

Asimismo, establece la clasificación e interrelación existente entre los tipos de proyectos, niveles y metodologías de estudio previstas para las obras viales y sintetiza el contenido y alcance de dichos niveles de estudio.

201.02 Información general

Es importante realizar estudios preliminares que permitan establecer las prioridades y recursos para la elaboración de un nuevo proyecto, para lo cual se deberá recopilar toda la información pertinente que esté disponible, complementando y verificando aquellas empleadas en los estudios de viabilidad económica. Se recurrirá a fuentes como son los vértices geodésicos, mapas, cartas y cartografía vial, así como fotografías aéreas, ortofotos, etc.

Aun cuando el reconocimiento en terreno resulta indispensable, su amplitud y/o grado de detalle dependerá, en gran medida, del tipo de información topográfica y geomorfológica existente.

201.03 Niveles de estudios preliminares

Los estudios preliminares deben dar respuesta, básicamente, a tres interrogantes fundamentales, ellas son:

- Definición preliminar de las características y parámetros de diseño.
- Identificación de rutas posibles.
- Anteproyectos preliminares de las rutas posibles.
- Selección de rutas.

Todos los estudios preliminares del diseño geométrico deben estar acorde a la normativa vigente.

201.04 Criterios básicos

a. Proyecto y estudio

El término "proyecto" incluye las diversas etapas que van desde la concepción de la idea, hasta la materialización de una obra civil, complejo industrial o programa de desarrollo en las más diversas áreas. En consecuencia, el proyecto es el objetivo que motiva las diversas acciones requeridas para poner en servicio una nueva obra vial, o bien recuperar o mejorar una existente.

Las materias tratadas en el presente manual están referidas a los diversos estudios preliminares y estudios definitivos requeridos, en sus diferentes fases, todo lo cual será identificado como "Estudios".

No obstante dentro de la amplitud asignada al término "Proyecto", se le identificará bajo el término "Proyectista" a la organización, equipo o persona que asume la responsabilidad de realizar los estudios en sus diferentes fases.

b. Estándar de diseño de una carretera

La Sección Transversal, es una variable dependiente tanto de la categoría de la vía como de la velocidad de diseño, pues para cada categoría y velocidad de diseño corresponde una sección transversal tipo, cuyo ancho responde a un rango acotado y en algunos casos único.

El estándar de una obra vial, que responde a un diseño acorde con las instrucciones y límites normativos establecidos en el presente, queda determinado por:

1. La Categoría que le corresponde (autopista de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase).
2. La velocidad de diseño (V).
3. La sección transversal definida.

201.05 Clasificación general de los proyectos viales

Los proyectos viales para efectos del diseño geométrico se clasifican de la siguiente manera:

a. Proyectos de nuevo trazo

Son aquellos que permiten incorporar a la red una nueva obra de infraestructura vial. El caso más claro corresponde al diseño de una carretera no existente, incluyéndose también en esta categoría, aquellos trazos de vías de evitamiento o variantes de longitudes importantes.

Para el caso de puentes y túneles, más que un nuevo trazo constituye un nuevo emplazamiento. Tal es el caso de obras de este tipo generadas por la construcción de una segunda calzada, que como tal corresponde a un cambio de trazo de una ruta existente, pero para todos los efectos, dichas obras requerirán de estudios definitivos en sus nuevos emplazamientos.

b. Proyectos de mejoramiento puntual de trazo

Son aquellos proyectos de rehabilitación, que pueden incluir rectificaciones puntuales de la geometría, destinadas a eliminar puntos o sectores que afecten la seguridad vial. Dichas rectificaciones no modifican el estándar general de la vía.

c. Proyectos de mejoramiento de trazo

Son aquellos proyectos que comprenden el mejoramiento del trazo en planta y/o perfil en longitudes importantes de una vía existente, que pueden efectuarse mediante rectificaciones del eje de la vía o introduciendo variantes en el entorno de ella, o

aquellas que comprenden el rediseño general de la geometría y el drenaje de un camino para adecuarla a su nuevo nivel de servicio.

En casos de ampliación de calzadas en plataforma única, el trazo está controlado por la planta y el perfil de la calzada existente. Los estudios de segundas calzadas con plataformas independientes, deben abordarse para todos los efectos prácticos, como trazos nuevos.

201.06 Ingeniería básica

201.06.01 Geodesia y topografía

En todos los trabajos topográficos, se aplicará el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP), que a su vez ha tomado las unidades del Sistema Internacional de Unidades o Sistema Métrico Modernizado.

a. Procedimientos geodésicos para referenciar los trabajos topográficos

Se adopta la incorporación como práctica habitual de trabajo, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que opera referido a sistemas geodésicos, en particular el conocido como WGS-84 (World Geodetic System de 1984).

El Sistema de Referencia WGS-84 es un sistema geocéntrico global (mundial) con origen en el centro de masa de la Tierra, cuya figura analítica es el Elipsoide Internacional GRS-80. Al determinar las coordenadas de un punto sobre la superficie de la Tierra mediante GPS, se obtienen las coordenadas cartesianas X, Y, Z y sus equivalentes geodésicas: latitud (φ), longitud (λ) y altura elipsóidal (h).

b. Sistemas geodésicos

Se denomina Sistema Geodésico Oficial, al conjunto conformado por la Red Geodésica Horizontal Oficial y la Red Geodésica Vertical Oficial, que están a cargo del Instituto Geográfico Nacional. Está materializado por puntos localizados dentro del ámbito del territorio nacional, mediante monumentos o marcas, que interconectados permiten la obtención conjunta o por separado de su posición geodésica (coordenadas), altura o del campo de gravedad, enlazados a los sistemas de referencia establecidos.

- Constitúyase como Red Geodésica Horizontal Oficial a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN), a cargo del Instituto Geográfico Nacional; la misma que tiene como base el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) sustentada en el Marco Internacional de Referencia Terrestre 1994 –International Terrestrial Reference Frame 1994 (ITRF94) del International Earth Rotation Service (IERS) para la época 1995.4 y relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980- Geodetic Reference System 198D (GRS80). [Para efectos prácticos como elipsoide puede ser utilizado el World Geodetic System 1984 (WGS84).]

- Constitúyase como Red Geodésica Vertical Oficial a la Red de Nivelación Nacional, a cargo del Instituto Geográfico Nacional, la misma que tiene como superficie de referencia el nivel medio del mar, está conformada por Marcas de Cota Fija (MCF) o Bench Mark (BM) distribuidos dentro del ámbito del territorio nacional a lo largo de las principales vías de comunicación terrestre, los mismos que constituyen bienes del Estado. Esta Red Geodésica estará sujeta al avance tecnológico tendiente a obtener una referencia altimétrica global relacionada al campo de la gravedad.

La tendencia mundial apunta a la adopción de un sistema geocéntrico, no solo para fines geodésicos, sino que también para fines de mapeo, con su derivación a sistemas locales para proyectos de ingeniería. Los sistemas de coordenadas más utilizados son las geodésicas (latitud, longitud y altura elipsóidal) y las cartesianas (x, y, z).

c. Sistemas globales de referencia

El posicionamiento con GPS, así como cualquier otro sistema satelital, por ejemplo su homólogo ruso GLONASS (Global Navigation Satellite System), requiere sistemas de referencia bien definidos consistentes globales y geocéntricos. Esto implica que consideran todo el globo terrestre y tienen su origen en el centro de masa de la Tierra.

Los más conocidos son:

- El Sistema de Referencia Terrestre Internacional ITRF (International Terrestrial Reference Frame).
- El Sistema Geodésico Mundial 1984 WGS-84 (World Geodetic System 1984).
- SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur).
- Sistemas de referencia sudamericanos. Datum Provisorio Sudamericano 1956 – PSAD-56.

d. Sistemas de proyección

1. Aspectos generales

Los sistemas de proyección cartográfica tienen por objeto representar la superficie terrestre, o parte de ella, en una superficie plana cuadriculada. En términos generales se distinguen, por la superficie de proyección, entre azimutales, cilíndricas, cónicas y otras; y de acuerdo a la orientación de la superficie ésta puede ser normal, transversal u oblicua.

2. Transversal de Mercator

La proyección transversal de Mercator (TM) es, en sus diferentes versiones, el sistema más utilizado mundialmente. Su empleo resulta especialmente favorable para representar la superficie terrestre de grandes extensiones en dirección norte-sur. Dicha proyección puede ser graficada por un cilindro que envuelve el elipsoide terrestre, siendo el eje del cilindro perpendicular al eje de rotación terrestre. En su forma original el cilindro es tangente en un meridiano, que corresponde al meridiano central de la proyección. La proyección TM es conforme y tiene mínimos errores de escala en el meridiano central o en sus cercanías.

Los más utilizados son:

- La proyección transversal de mercator (TM).
- El sistema universal transversal de mercator (UTM).
- La proyección TM local (LTM).

201.06.02 Hidrología, hidráulica y drenaje

Los estudios de hidrología y de hidráulica en el proyecto de obras viales deben proporcionar al proyectista los elementos de diseño necesarios para dimensionar las obras que, técnica, económica y ambientalmente, cumplan con los siguientes fines:

- Cruzar cauces naturales, lo cual determina obras importantes tales como puentes y alcantarillas de gran longitud o altura de terraplén.

- Restituir el drenaje superficial natural, el cual se ve afectado por la construcción de la vía. Ello debe lograrse sin obstruir o represar las aguas y sin causar daño a las propiedades adyacentes.
- Recoger y disponer de las aguas de lluvias que se junten sobre la plataforma del camino o que escurren hacia ella, sin causar un peligro al tráfico.
- Eliminar o minimizar la infiltración de agua en los terraplenes o cortes, la que puede afectar las condiciones de estabilidad de la obra básica.
- Asegurar el drenaje subterráneo de la plataforma y base, de modo que no afecten las obras de la superestructura.
- Considerar el impacto ambiental que pueden tener las obras proyectadas.

Los conocimientos de hidrología le permitirán al proyectista estimar los escurrimientos superficiales en secciones específicas de quebradas, pantanos, ríos y canales, en los puntos en que el camino cruza dichos cauces. Estos escurrimientos deben asociarse a la probabilidad de ocurrencia que ellos tienen, a fin de tener antecedentes probabilísticos sobre su comportamiento futuro. Igualmente, la hidrología permite calcular y estimar los escurrimientos de aguas de lluvias sobre la faja del camino o en superficies vecinas y que fluyen superficialmente hacia ella, así como también las propiedades hidráulicas del subsuelo y las condiciones de la napa freática bajo la plataforma.

La hidráulica permite predecir las velocidades y las alturas de escurrimiento en cauces naturales o artificiales; definir las dimensiones de las obras de drenaje transversal; calcular las dimensiones y espaciamiento de subdrenes, diseñar los elementos del sistema de recolección y disposición de aguas de lluvias, y definir las secciones y pendientes, cunetas y canales interceptores.

Dado que la construcción de una obra vial moderna puede afectar grandes áreas de terreno, la consideración de los problemas de erosión, sedimentación y arrastre debe ser una preocupación central del diseño y planificación de las obras viales. Los estudios de erosión y arrastre deben permitir la construcción y materialización de las obras viales, manteniendo en niveles aceptables los efectos adversos relativos a estos problemas.

201.06.03 Geología y Geotecnia

Desde las primeras fases del estudio de una obra vial, el proyectista deberá trabajar en forma coordinada con los especialistas en Geología y Geotecnia. En efecto, en la etapa de identificación de rutas posibles, la oportuna detección de zonas conflictivas desde el punto de vista geotécnico, puede justificar el abandono de una ruta, que pudiera parecer atrayente por consideraciones de trazo.

En los diversos niveles de estudio, el ingeniero especialista irá detectando con grados de precisión creciente, aspectos tales como:

- Identificación de sectores específicos con características geotécnicas desfavorables.
- Sectorización de la zona de emplazamiento del trazo, definiendo el perfil estratigráfico pertinente y sus propiedades.
- Todo ello, orientado a establecer la capacidad de soporte del terreno natural, así como los taludes seguros para terraplenes y cortes, asociados a los distintos materiales.
- Condiciones de fundación de estructuras, obras de drenaje y obras complementarias.
- Aspectos de drenaje incidentes en el problema geotécnico.

- Disponibilidad de yacimientos de materiales.

Las características geotécnicas de los materiales que pueden presentarse a lo largo del emplazamiento de una carretera son variadas, pudiendo experimentar cambios radicales entre sectores muy próximos. No es posible, por lo tanto, definir a priori un procedimiento de estudio de tipo general. En consecuencia, deberá ser el ingeniero especialista quien vaya definiendo, en las diversas etapas, los estudios específicos que deberán ejecutarse.

El Consultor procederá a la recopilación de toda la información geológico-geotécnica representativa de la zona de emplazamiento de los corredores seleccionados.

El análisis de las cartas de pequeña escala en que se definieron los corredores permitirá establecer aspectos morfológicos, los cuáles orientan respecto a la calidad de los terrenos. Por otra parte el modelaje superficial que se observa permite tipificar cuales han sido los elementos generadores de estas formas, deduciendo así cuales han sido los principales agentes de erosión. El análisis o estudio fotointerpretativo se basará en el estudio de fotos aéreas y fotos satelitales del área dónde se emplazan los corredores.

201.07 Aspectos ambientales

En el pasado, los moderados niveles de demanda y las restricciones en cuanto a disponibilidad de recursos, generalmente hacían que la geometría de los caminos se adaptara en forma ceñida a la topografía del terreno y que la faja del camino fuera relativamente estrecha. Consecuentemente las alteraciones que los proyectos viales imponían sobre el medio ambiente eran mínimas.

El incremento de la demanda derivado del crecimiento de la población, del desarrollo económico y de los avances tecnológicos, ha impuesto mayores exigencias de capacidad, seguridad y confort, lo que ha redundado en que la geometría de los trazos en planta y perfil sea más amplia, con lo que en las etapas de construcción y operación de un camino, alteran en menor o mayor medida las condiciones ambientales prevalecientes en el corredor en que la ruta se emplaza, llegando incluso, en determinados casos, a degradarlas.

En el desarrollo de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) u otro instrumento de evaluación, se deberán revisar aquellos aspectos que siempre estarán presentes y que incidirán directamente en el nivel o grado de impacto de una determinada obra.

En primer lugar, interviene el trazo del camino que se estudia, ya que a mayor nivel las exigencias técnicas de la geometría implicarán una menor posibilidad de adecuarse al terreno, aumentando las alturas de corte y terraplén. Por otro lado, un camino de elevado estándar está ligado a un mayor ancho de faja vial, todo lo cual se traduce en un aumento de la probabilidad de generar un impacto de mayor magnitud.

Por otra parte están las características naturales de los terrenos dónde se emplazará el camino. Por ejemplo, los rasgos topográficos del terreno condicionarán el grado de deterioro ambiental que puede producir el proyecto de un camino, el que, en general, aumentará en la medida que el terreno sea más accidentado.

También la geomorfología y geología del terreno condicionarán el grado de impacto ya que, dependiendo de los materiales que estén presentes y la inestabilidad de las laderas, es posible que se activen procesos erosivos en los taludes expuestos o se propicien asentamientos o deslizamientos de masas de materiales que pueden afectar al camino proyectado o a quebradas o cauces cercanos.

Otro aspecto por considerar es el tipo de vegetación natural localizada en la faja del camino, la que al ser eliminada puede perturbar el ecosistema natural en una superficie mayor que la afectada directamente por el camino.

Finalmente se deberán considerar las características socioeconómicas de la zona dónde se diseña la carretera, a fin de estudiar el posible efecto que podría provocar el proyecto, en las actividades humanas presentes en el sector.

Es importante destacar que de acuerdo con estudios realizados, la incorporación de la variable ambiental en la toma de decisiones, ha significado no sólo mitigar y neutralizar los impactos negativos que producen los proyectos, sino que en determinados casos, ha contribuido a mejorar el medio dónde se emplazan, a conservar y aprovechar racionalmente los recursos naturales renovables en beneficio de la población local y a desarrollar el potencial recreativo y turístico del área.

Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta con la inclusión de la dimensión ambiental, es que incorpora elementos de juicio que permiten seleccionar una alternativa óptima del emplazamiento del camino, de tal forma de generar un proyecto vial en armonía con el entorno, lo cual no implica, necesariamente, estar en la disyuntiva de construir o no construir un camino. La integración armónica del proyecto con el entorno se entiende como un estado de equilibrio en dónde los posibles impactos negativos se evitan o mitigan, controlando de esta manera el deterioro del medio ambiente.

En resumen, los EIA deberán cumplir la normativa aplicable vigente sobre la materia.

201.08 Estudio de seguridad vial

En lo relacionado a seguridad vial se aplicará en lo que corresponda, lo indicado en el Manual de Seguridad Vial vigente, en que se establece los parámetros para el diseño, construcción y mantenimiento.

201.09 Reconocimiento del terreno

Esencialmente consistirá en la comprobación y confirmación de los puntos de control seleccionados sobre la carta geográfica. Dependiendo de la extensión y características del terreno, puede ser aconsejable un primer reconocimiento aéreo, para obtener una adecuada visión de conjunto, o bien para complementar las impresiones obtenidas a partir de las cartas geográficas y/o fotos aéreas.

Para obtener apreciaciones cuantitativas del recorrido terrestre, el Proyectista deberá contar con instrumentos adecuados para verificar y comprobar los puntos críticos que las cartas no alcancen a precisar, tales como: laderas de pendiente transversal pronunciada, factibilidad de salvar un desnivel específico, precisar el ancho de una quebrada o curso de agua, rumbo en algunos tramos boscosos, etc. Se sugiere el uso de GPS, altímetro, brújula, eclímetro, telémetro, etc., que pueden resultar apropiados en determinados sectores del reconocimiento. También es aconsejable obtener fotografías y vistas panorámicas de los sectores conflictivos.

Como recomendación general conviene tener presente las siguientes pautas de trabajo:

- El reconocimiento no debe limitarse a las rutas prefijadas en las cartas, sino que debe abarcar un área lo suficientemente amplia para no omitir información que pudiera ser útil para una mejor decisión.
- Al recorrer el terreno, el proyectista y los especialistas deberán visualizar, simultáneamente, aspectos de la geomorfología, hidrología, geotecnia y ecología, ponderando racionalmente la incidencia e importancia que, separadamente y en conjunto, pueden tener en el emplazamiento del trazo.

- Las áreas cubiertas por bosques normalmente se asocian a terrenos con relieve pronunciado que poseen una densa red de drenaje natural. Si el área por reconocer es extensa y se prevén varias rutas alternativas, las cartas de pequeña escala (1:50,000) pueden resultar insuficientes, incluso para fijar rutas o corredores, y después de un reconocimiento aéreo amplio, se deberá optar por la ejecución de una restitución aerofotogramétrica a escala intermedia (1:5,000 ó 1:10,000).

  La restitución aerofotogramétrica estará limitada en precisión por la cubierta vegetal existente. No obstante, un plano escala 1:5,000 con curvas de nivel cada 5.00 m, permitirá desarrollar los estudios preliminares en óptimas condiciones.

  Aun cuando se consulte la ejecución de una restitución aerofotogramétrica, el reconocimiento a nivel de estudio preliminar es indispensable, en una primera etapa, para establecer las fajas o el área por restituir, cuyos límites serán mucho más amplios que los de cada ruta en particular.

- El proyectista deberá estar siempre alerta de no formarse una falsa opinión de las bondades o defectos de una solución, según sea el grado de facilidades o dificultades encontradas para avanzar durante el recorrido del terreno, o bien por la falta de visibilidad en terrenos boscosos o de difícil acceso.

- El proyectista recogerá información relativa al proyecto, sea de índole favorable o desfavorable al criterio propio y deberá aceptarla imparcialmente.

En síntesis, el proceso de estudio en la fase del reconocimiento es una sucesión de ensayos, pruebas y aproximaciones, en las que se evalúan y ponderan las diversas alternativas, investigando y considerando todas las soluciones posibles. El conocimiento técnico, experiencia y buen criterio, ayudarán a encontrar la solución adecuada.

Un reconocimiento completo permite descartar, en una etapa inicial del estudio, rutas no favorables, con lo que los esfuerzos se concentrarán sobre aquellos emplazamientos que ofrezcan una posibilidad real de solución.

Durante el reconocimiento se verifican los lugares considerados como más apropiados para el emplazamiento de los puentes, los cruces y empalmes con otras vías, construcciones y estructuras existentes que convenga mantener o demoler y, en general, todo aquello que puede influir en la ubicación posterior del trazo del camino. Se precisará la extensión de las zonas de desprendimientos, pantanos, laderas meteorizadas e inestables, etc., a fin de delimitarlas con precisión en la carta y evitarlas al trazar el eje probable.

Según sea la complejidad de los problemas previstos o que se detecten durante el reconocimiento, éste podrá requerir varias visitas y la participación, en mayor o menor grado, de los especialistas en geotecnia, hidrología, estructuras, etc. Se aprovecharán las visitas de campo para obtener datos complementarios de la región, recoger opiniones de los habitantes, prever y anticipar los efectos potenciales, tanto positivos como negativos, que provocaría la construcción del camino por una u otra ruta, y la alteración que podrá sufrir el equilibrio ecológico y el paisaje natural.

201.10 Derecho de vía o faja de dominio

Teniendo como base, la definición de las características geométricas y categoría de la carretera a intervenir, se definirá la faja del terreno denominada “Derecho de Vía”, dentro del cual, se encontrará la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas para futuras obras de ensanche o mejoramiento y zona de seguridad, para las acciones de saneamiento físico legal correspondiente.

201.11 Protección de restos arqueológicos

La conservación del Patrimonio Cultural de la Nación está considerada en la Ley N° 28296, que declara de interés nacional y necesidad pública, comprobados objetivamente, la protección, la imprescriptibilidad de derechos y el cumplimiento de las políticas nacionales de defensa, protección, promoción, propiedad y régimen legal, y el destino de los bienes que constituyen el Patrimonio Cultural de la Nación.

En el artículo 22° de la mencionada Ley se establece que toda obra pública o privada de edificación nueva, remodelación, restauración, ampliación, refacción, acondicionamiento, demolición, puesta en valor o cualquier otra que involucre un bien inmueble integrante del Patrimonio Cultural de la nación, requiere para su ejecución de la autorización previa del Ministerio de Cultura.

En consecuencia, la obra vial que involucre bienes inmuebles integrantes del Patrimonio Cultural de la Nación, debe contar para su ejecución de la autorización previa del Ministerio de Cultura o la certificación que descarte la condición de bien cultural. En todo caso, tendrá el certificado de inafectación o de inexistencia de restos arqueológicos.

SECCIÓN 202

Vehículos de diseño

202.01 Características generales

El Diseño Geométrico de Carreteras se efectuará en concordancia con los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y demás características, contenidas en el Reglamento Nacional de Vehículos, vigente.

Las características físicas y la proporción de vehículos de distintos tamaños que circulan por las carreteras, son elementos clave en su definición geométrica. Por ello, se hace necesario examinar todos los tipos de vehículos, establecer grupos y seleccionar el tamaño representativo dentro de cada grupo para su uso en el proyecto. Estos vehículos seleccionados, con peso representativo, dimensiones y características de operación, utilizados para establecer los criterios de los proyectos de las carreteras, son conocidos como vehículos de diseño.

Al seleccionar el vehículo de diseño hay que tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía. Normalmente, hay una participación suficiente de vehículos pesados para condicionar las características del proyecto de carretera. Por consiguiente, el vehículo de diseño normal será el vehículo comercial rígido (camiones y/o buses).

Las características de los vehículos tipo indicados, definen los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y sobreancho de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.
- La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- La relación de peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles.

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor).

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O).

La clasificación del tipo de vehículo según encuesta de origen y destino, empleada por SNIP para el costo de operación vehicular (VOC), es la siguiente:

- **Vehículo de pasajeros**
  - Jeep (VL)
  - Auto (VL)
  - Bus (B2, B3, B4 y BA)
  - Camión C2
- **Vehículo de carga**
  - Pick-up (equivalente a Remolque Simple T2S1)
  - Camión C2
  - Camión C3 y C2CR
  - T3S2

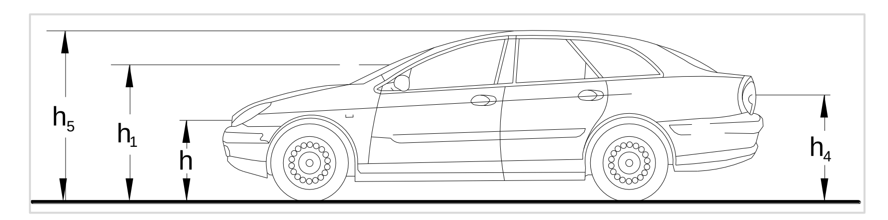
202.02 Vehículos ligeros

La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no condicionan el proyecto, salvo que se trate de una vía por la que no circulan camiones, situación poco probable en el proyecto de carreteras. A modo de referencia, se citan las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles:

- Ancho: 2.10 m.
- Largo: 5.80 m.

Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- h: altura de los faros delanteros: 0.60 m.
- h_1: altura de los ojos del conductor: 1.07 m.
- h_2: altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0.15 m.
- h_4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.
- h_5: altura del techo de un automóvil: 1.30 m

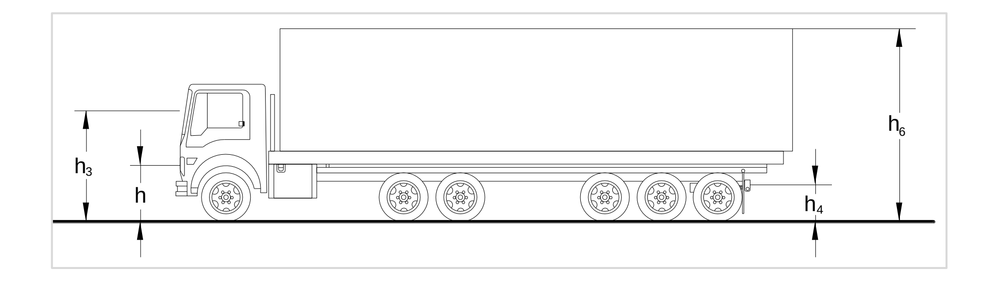


El vehículo ligero es el que más velocidad desarrolla y la altura del ojo de piloto es más baja, por tanto, estas características definirán las distancias de visibilidad de sobrepaso, parada, zona de seguridad en relación con la visibilidad en los cruces, altura mínima de barreras de seguridad y antideslumbrantes, dimensiones mínimas de plazas de aparcamiento en zonas de estacionamiento, miradores o áreas de descanso.

202.03 Vehículos pesados

Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- h: altura de los faros delanteros: 0.60 m.
- h_3: altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2.50 m.
- h_4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.
- h_6: altura del techo del vehículo pesado: 4.10 m



En la **Tabla 202.01** se resumen los datos básicos de los vehículos de diseño.

El vehículo pesado tiene las características de sección y altura para determinar la sección de los carriles y su capacidad portante, radios y sobreanchos en curvas horizontales, alturas libres mínimas permisibles, necesidad de carriles adicionales, longitudes de incorporación, longitudes y proporción de aparcamientos para vehículos pesados en zonas de estacionamiento, miraderos o áreas de descanso.

Tabla 202.01

Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 /4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 /12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 /1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 /1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1

202.04 Giro mínimo de vehículos tipo

El espacio mínimo absoluto para ejecutar un giro de 180º en sentido horario, queda definido por la trayectoria que sigue la rueda delantera izquierda del vehículo (trayectoria exterior) y por la rueda trasera derecha (trayectoria interior). Además de la trayectoria exterior, debe considerarse el espacio libre requerido por la sección en volado que existe entre el primer eje y el parachoques, o elemento más sobresaliente.

La trayectoria exterior queda determinada por el radio de giro mínimo propio del vehículo y es una característica de fabricación.

La trayectoria interior depende de la trayectoria exterior, del ancho del vehículo, de la distancia entre el primer y último eje y de la circunstancia que estos ejes pertenecen a un camión del tipo unidad rígida o semirremolque articulado.

De esta forma camiones y ómnibus en general, requerirán dimensiones geométricas más generosas que en el caso de vehículos ligeros. Ello se debe a que, en su mayoría, los primeros son más anchos, tienen distancias entre ejes más largas y mayor radio mínimo de giro, que son las principales dimensiones de los vehículos que afectan el alineamiento horizontal y la sección transversal

En las **Figuras 202.01** a **202.54** se ilustran las trayectorias mínimas obtenidas para los vehículos tipo con las dimensiones máximas establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos.

En las **Tablas 202.02** a **202.11** se incluyen los radios máximos y mínimos y los ángulos para las seis trayectorias descritas.

Tabla 202.02
Vehículo ligero (VL) Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	Rmáx exterior vehículo (E)	Rmín interior vehículo (I)	Rmín Interior Rueda (J)	Ángulo máximo dirección
30º	7.76 m	5.14 m	5.28 m	17.8º
60º	7.84 m	4.73 m	4.88 m	24.2º
90º	7.87 m	4.59 m	4.74 m	26.4º
120º	7.88 m	4.54 m	4.69 m	27.3º
150º	7.88 m	4.52 m	4.67 m	27.6º
180º	7.88 m	4.51 m	4.66 m	27.7º

Similar a "Minimum Turning Path for Passenger Car (P) Design Vehicle", en la norma AASHTO.

Figura 202.01
Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 30º

Figura 202.02
Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 60º

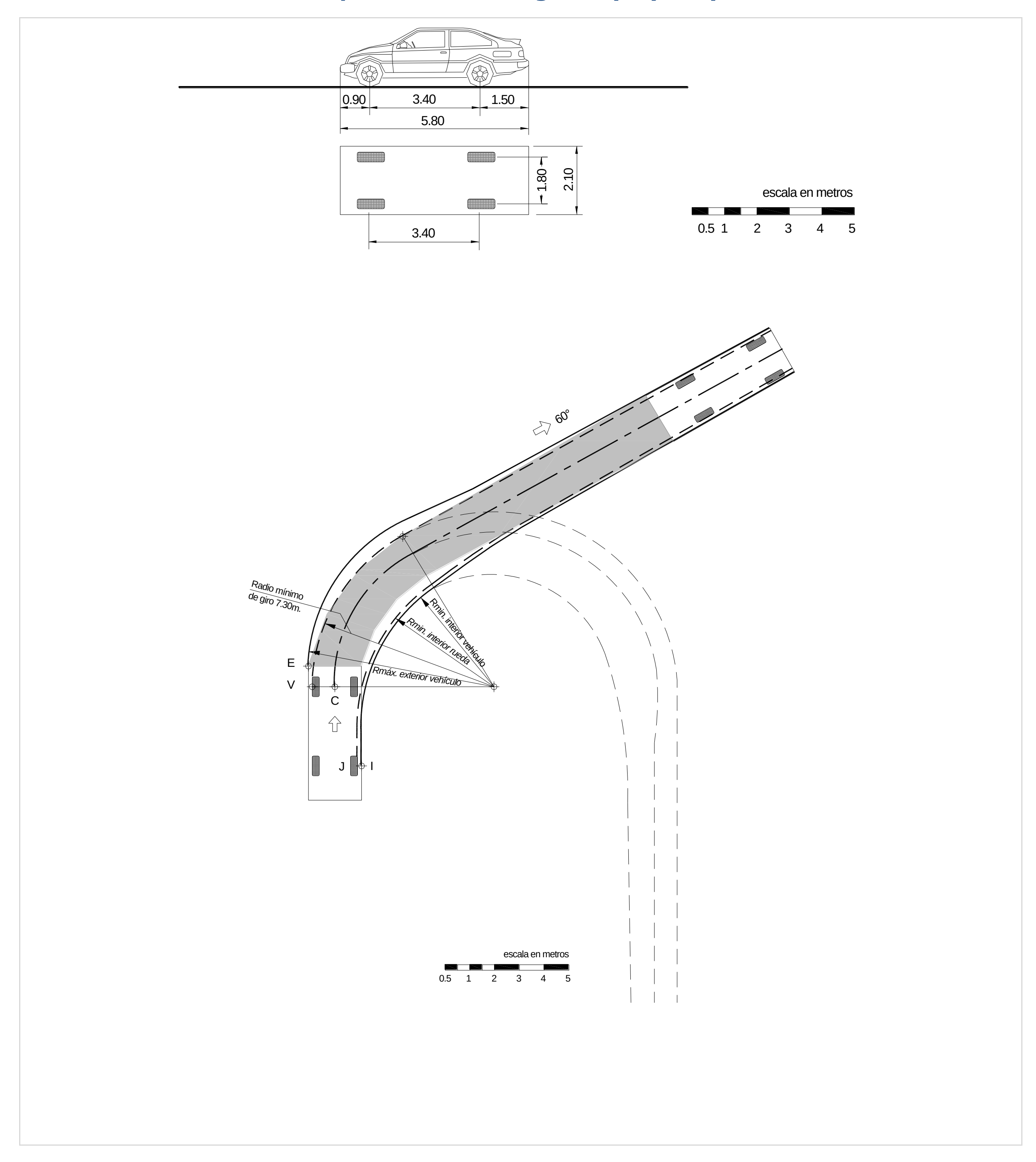


Figura 202.03
Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 90º

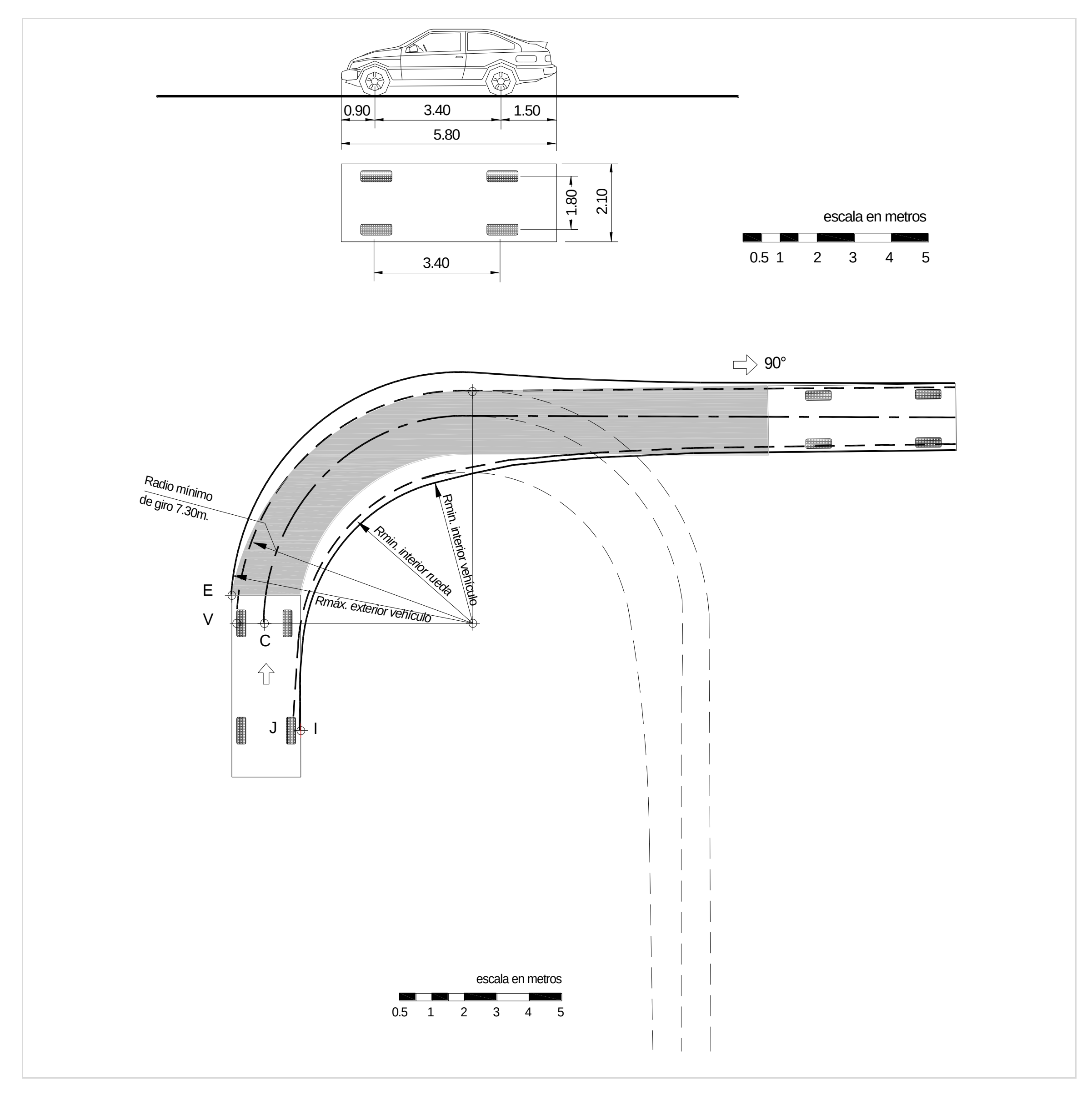


Figura 202.04
Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 120º

Figura 202.05
Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 150º

0.90 3.40 1.50
5.80
1.80 2.10
3.40
escala en metros
0.5 1 2 3 4 5
Radio mínimo de giro 7.30m.
E
V
C
J
I
Rmín. interior rueda
Rmín. interior vehículo
Rmáx. exterior vehículo
150°
escala en metros
0.5 1 2 3 4 5

Figura 202.06
Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 180º

Tabla 202.03

Ómnibus de dos ejes (B2)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx Exterior vehículo (E)	R mín Interior Rueda (J)	Ángulo Máximo dirección
30º	13.76 m	10.17 m	20.2º
60º	14.09 m	8.68 m	30.0º
90º	14.24 m	7.96 m	34.9º
120º	14.31 m	7.59 m	37.4º
150º	14.35 m	7.40 m	38.7º
180º	14.37 m	7.30 m	39.3º

Similar a "Minimum Turning Path for City Transit Bus (CITY-BUS) Design Vehicle" en la norma AASHTO.

Figura 202.07
Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 30º

Figura 202.08
Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 60º

2.30 8.25 2.65
13.20
2.60
escala en metros
0.5 1 2 3 4 5
60°
E
V
C
I
Rmin. interior vehículo
Rmax. exterior vehículo
Radio mínimo de giro 12.80 m
escala en metros
0.5 1 2 3 4 5 10

Figura 202.09
Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 90º

Figura 202.10
Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 120º

2.30
8.25
2.65
13.20
2.60
escala en metros
0.5 1 2 3 4 5
120°
E
V
C
I
Rmax. exterior vehículo
Rmin. interior vehículo
Radio mínimo de giro 12.80 m
escala en metros
0.5 1 2 3 4 5 10

Figura 202.11
Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 150º

Figura 202.12
Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 180º

Tabla 202.04
Ómnibus de tres ejes (B3-1)
Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. Exterior Vehículo (E)	R mín. interior Rueda (J)	Ángulo máximo dirección
30º	14.66 m	10.80 m	19.1º
60º	14.95 m	9.67 m	27.2º
90º	15.07 m	9.20 m	30.7º
120º	15.12 m	9.00 m	32.2º
150º	15.14 m	8.91 m	32.9º
180º	15.15 m	8.87 m	33.2º

Similar a “Minimum Turning Path for Intercity Bus (BUS-14 [BUS-45]) Design Vehicle” en la norma AASHTO.

Figura 202.13
Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 30º

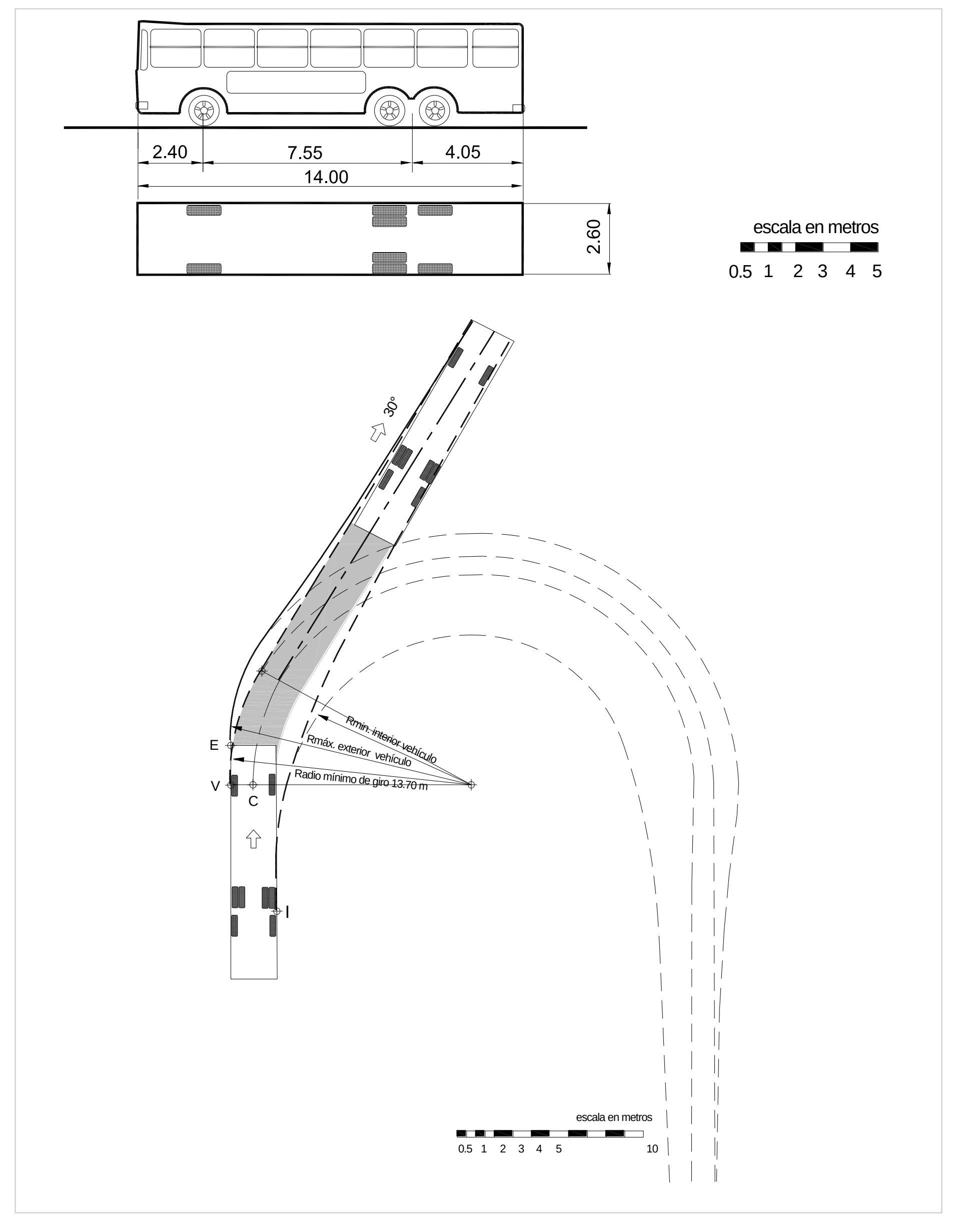


Figura 202.14

Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 60º

Figura 202.15
Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 90º

Figura 202.16
Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 120º

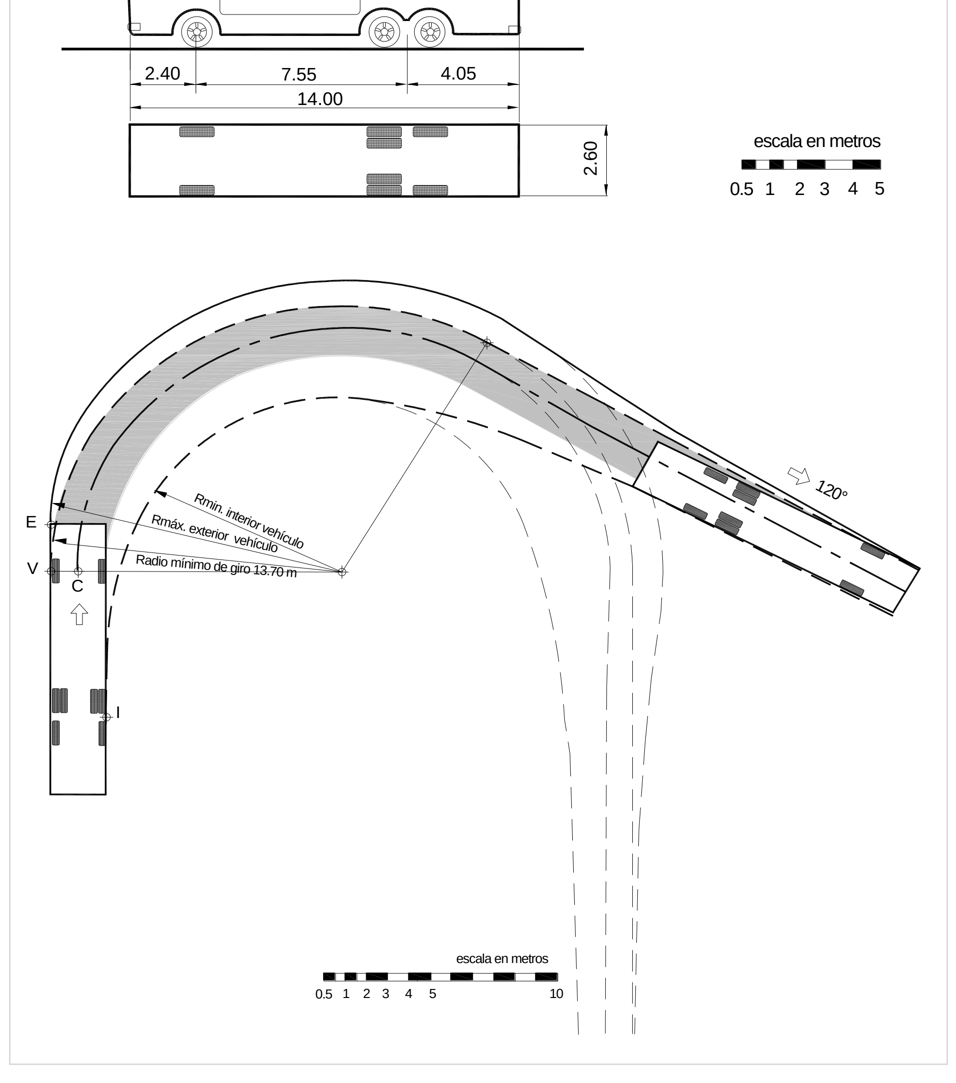


Figura 202.17
Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 150º

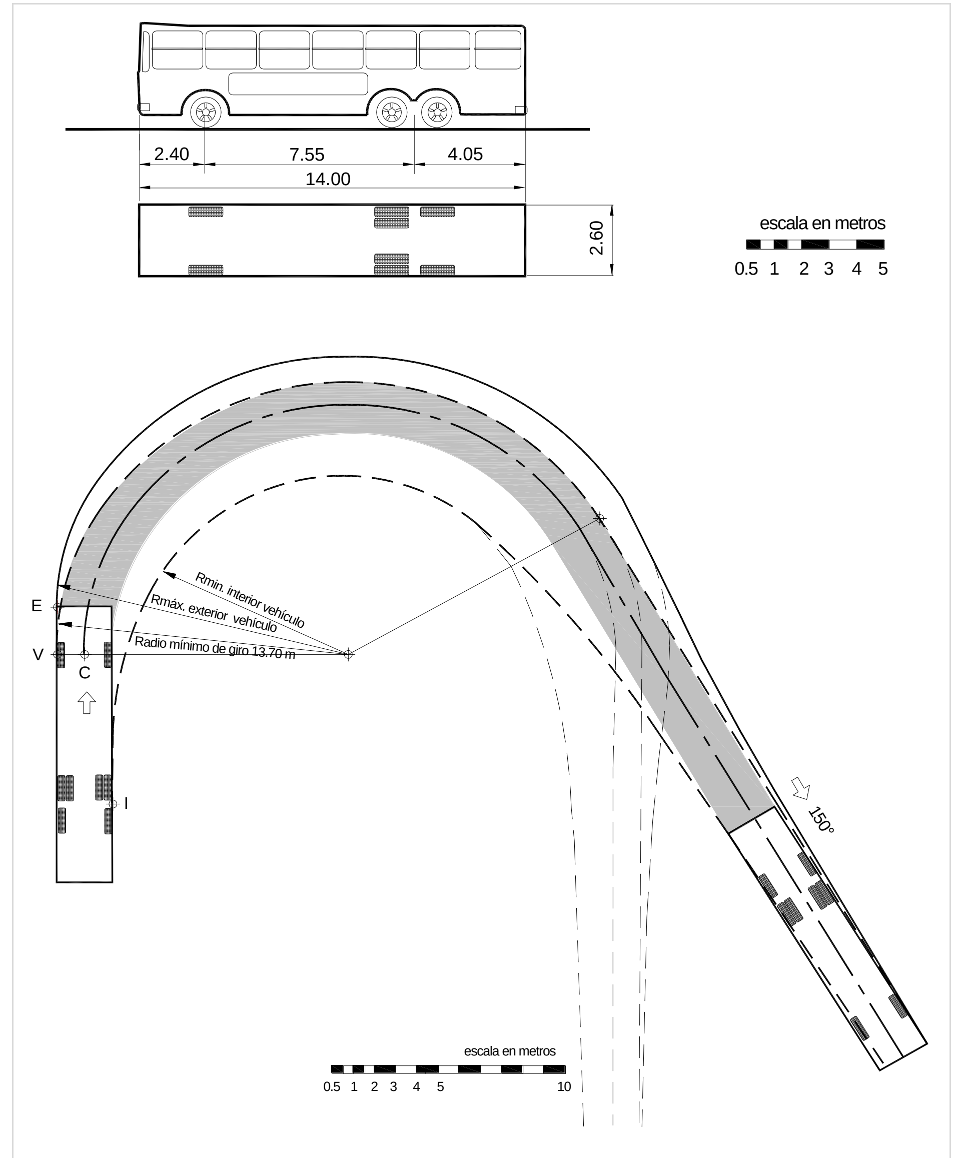


Figura 202.18
Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 180º

Tabla 202.05

Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. Exterior vehículo (E)	R mín. Interior rueda (J)	Ángulo máximo dirección
30º	15.06 m	10.83 m	19.3º
60º	15.45 m	9.63 m	27.7º
90º	15.61 m	9.12 m	31.4º
120º	15.68 m	8.89 m	33.0º
150º	15.70 m	8.79 m	33.8º
180º	15.72 m	8.74 m	34.1º

Figura 202.19
Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 30º

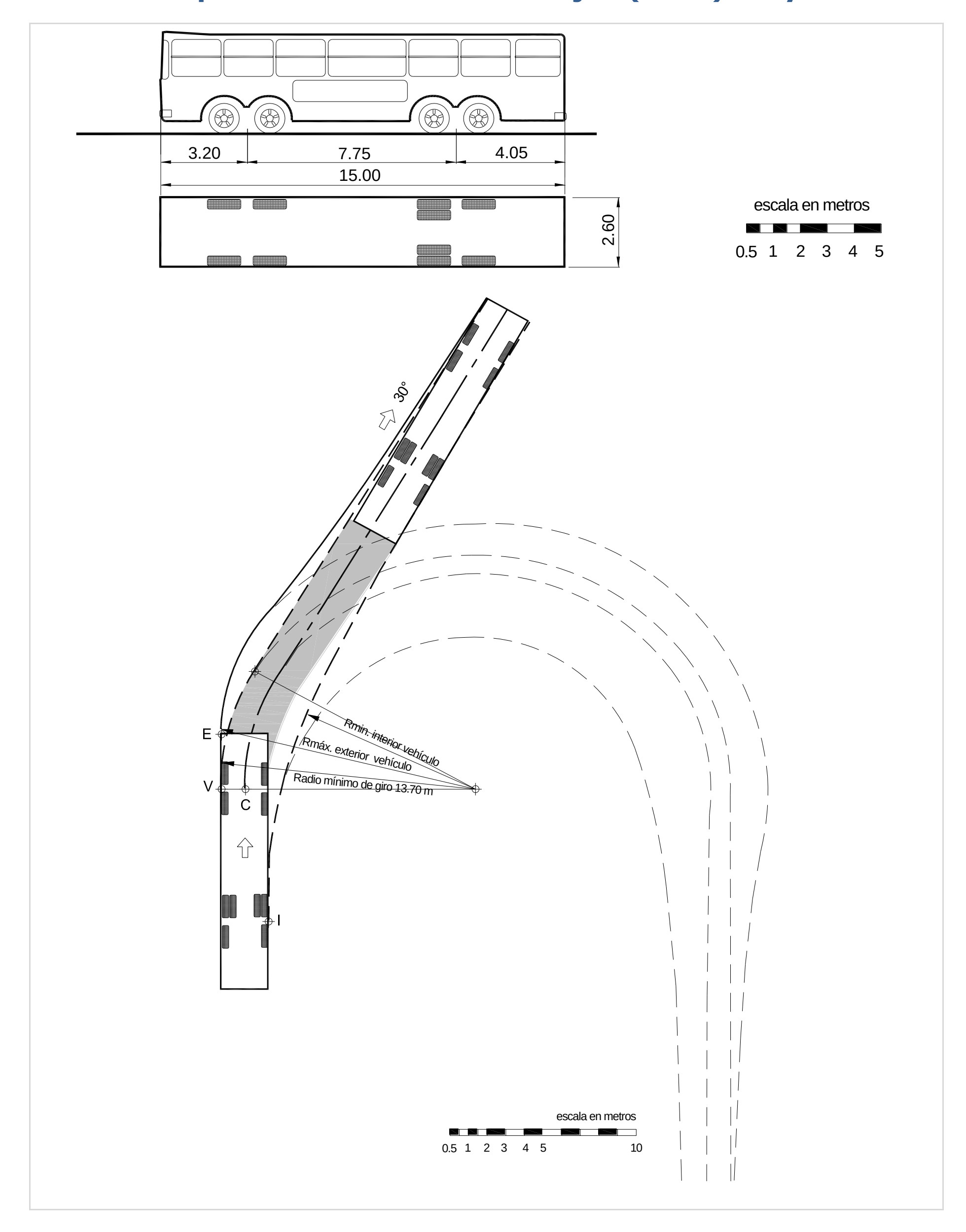


Figura 202.20
Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 60º

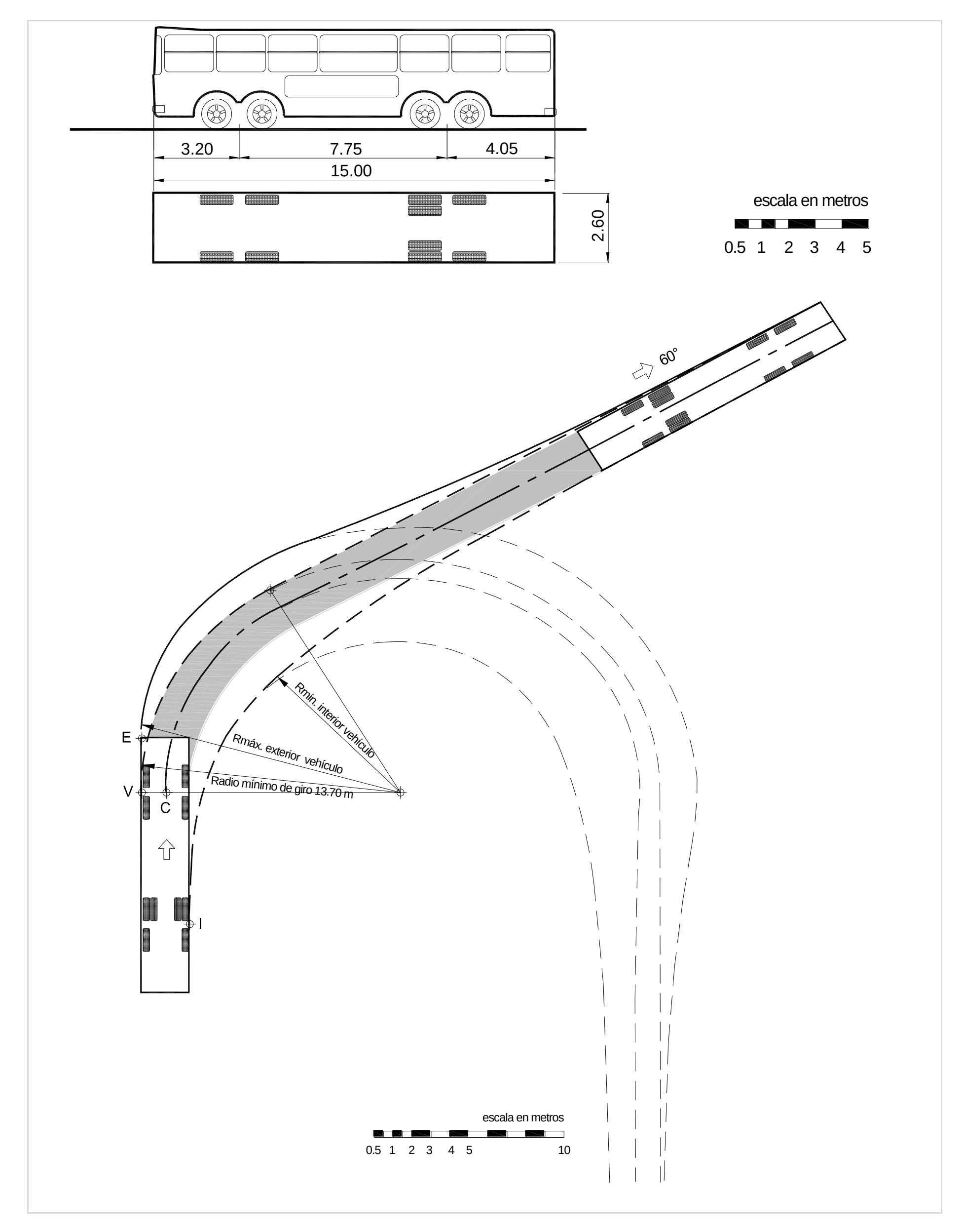


Figura 202.21
Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 90º

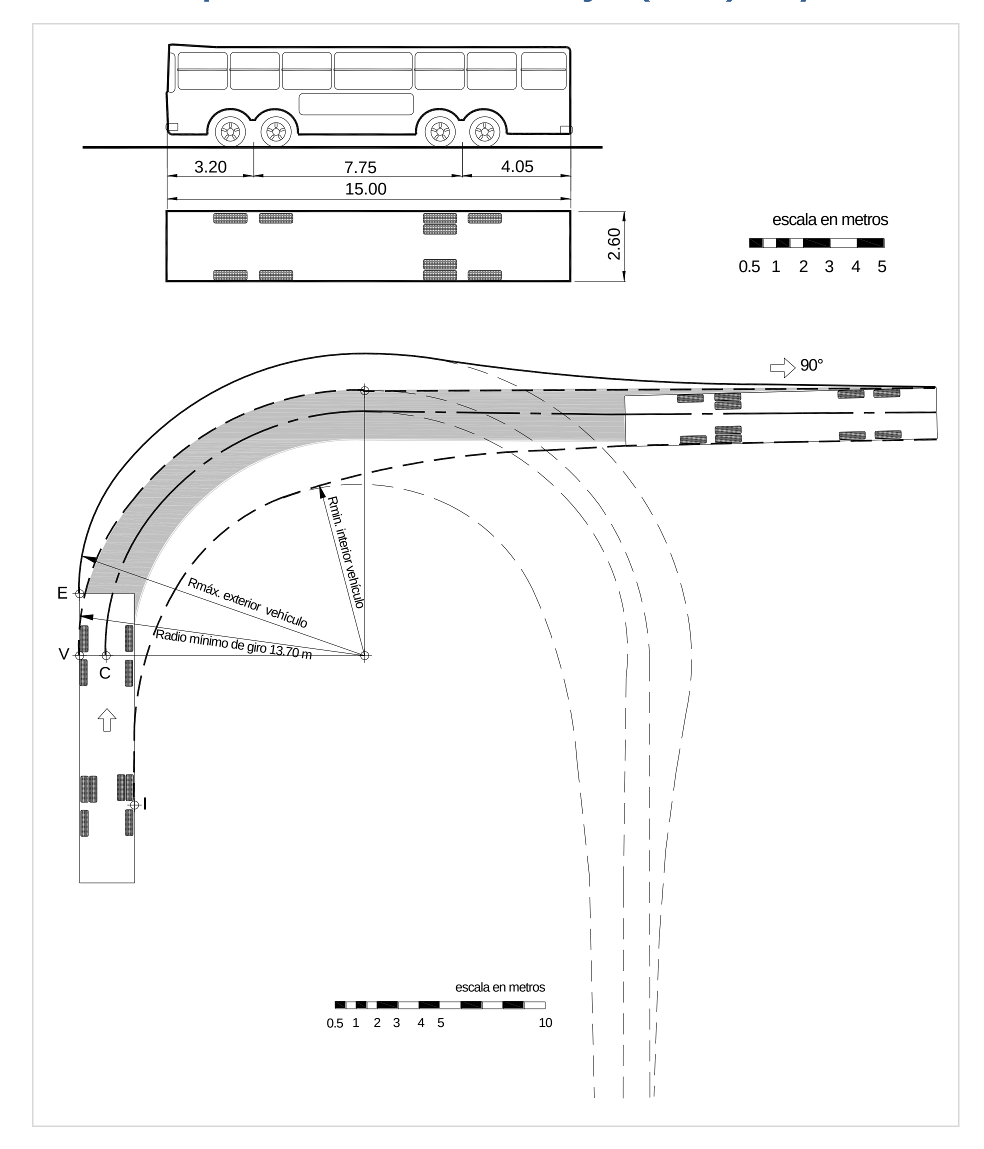


Figura 202.22
Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 120º

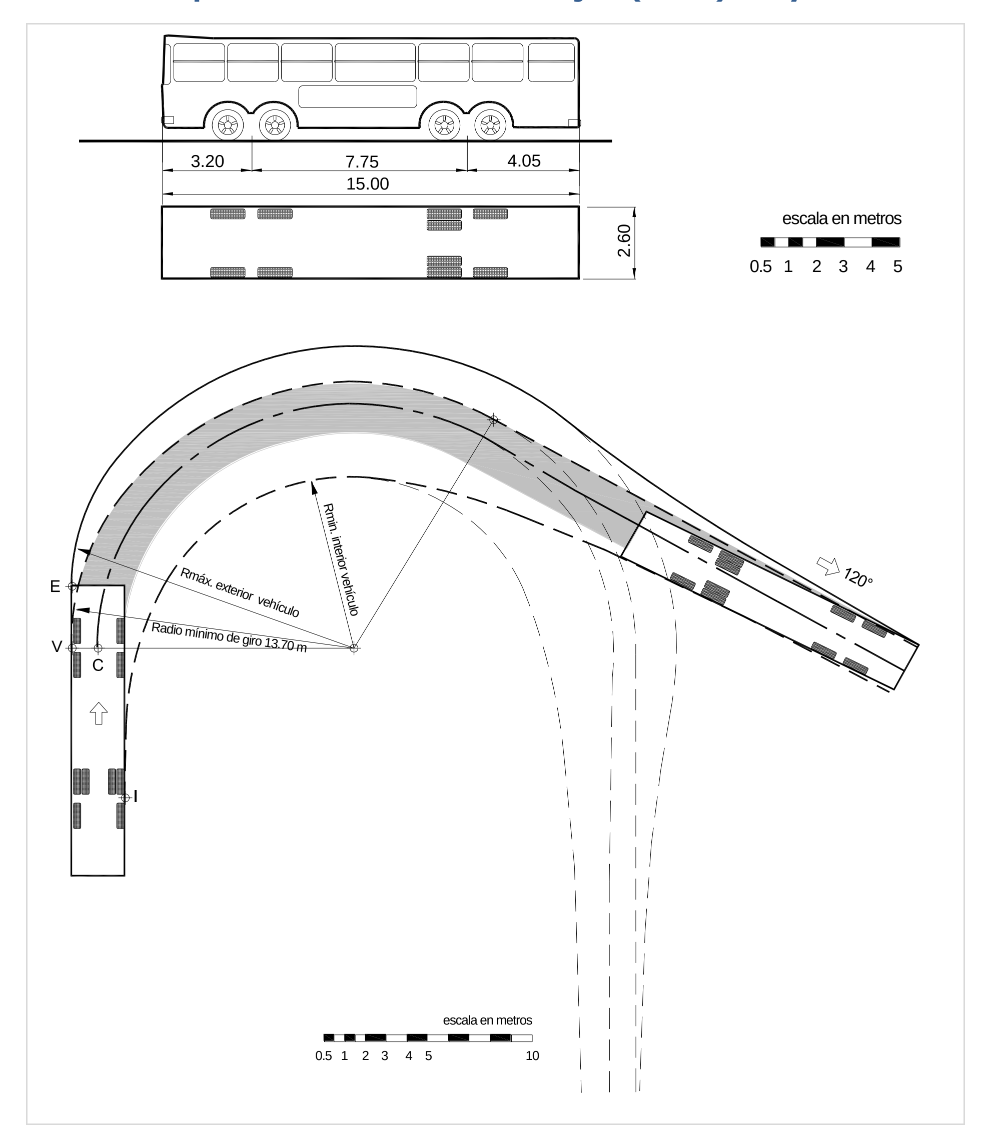


Figura 202.23
Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 150º

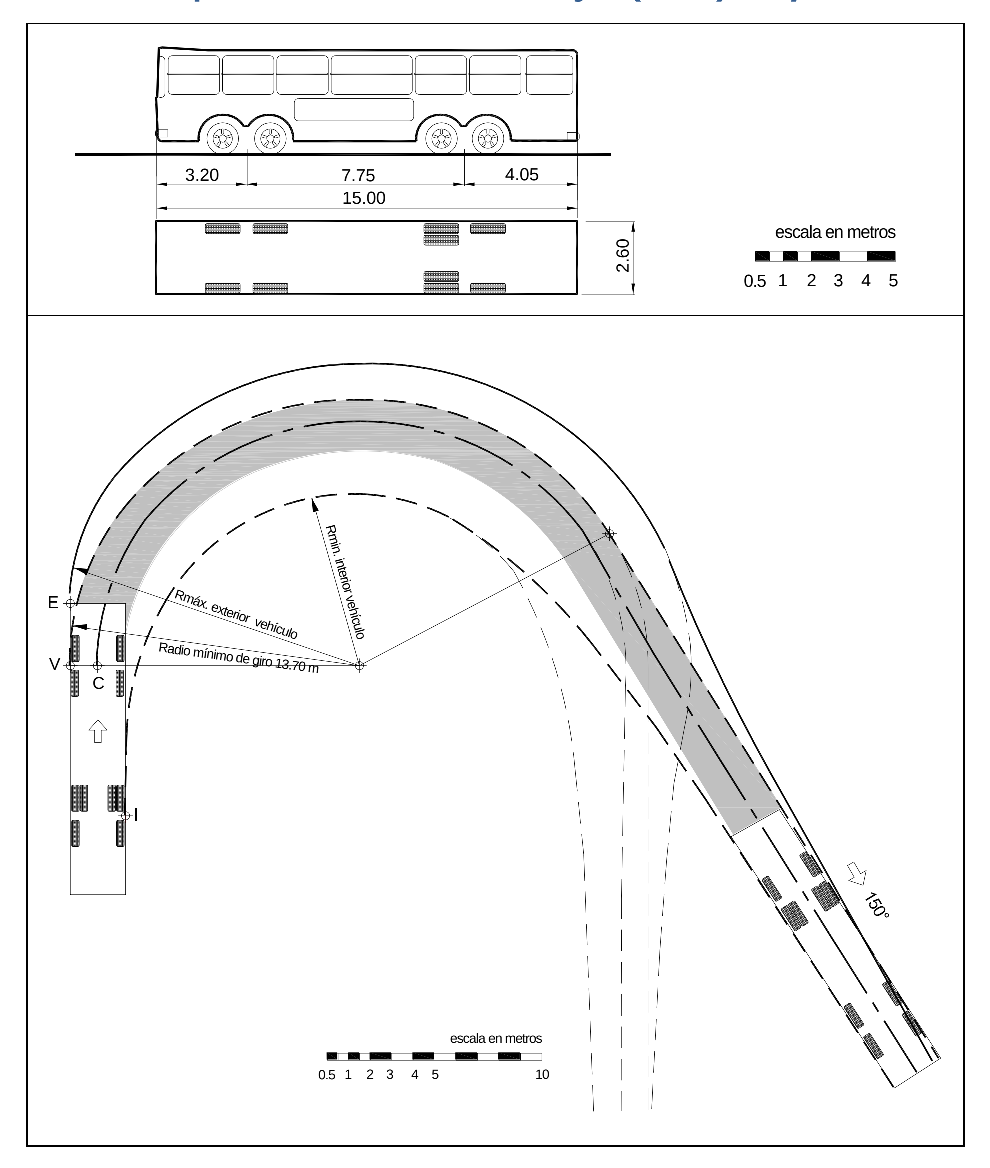


Figura 202.24
Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 180º

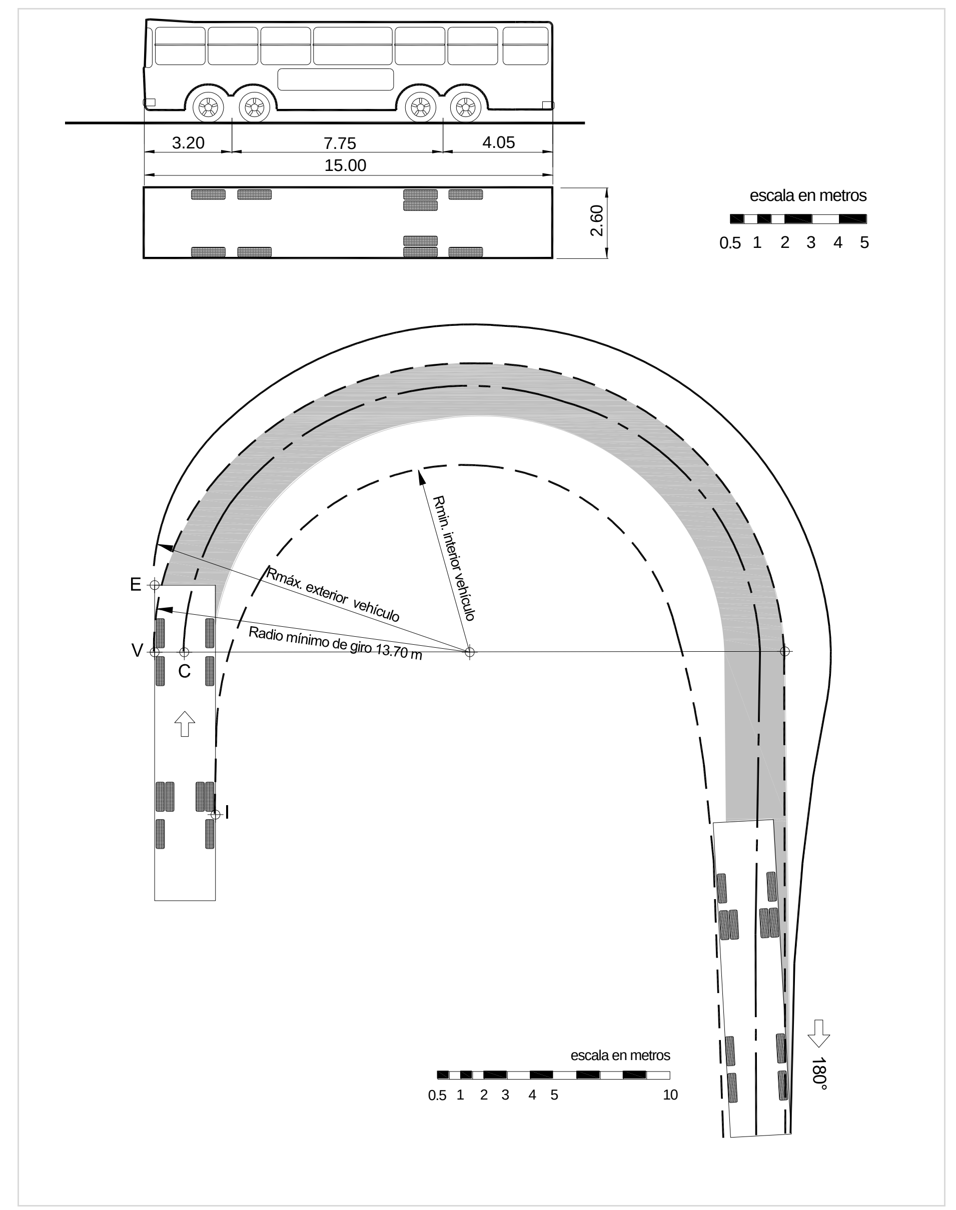


Tabla 202.06

Ómnibus articulado (BA-1)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. exterior vehículo (E)	R mín. interior vehículo (I)	Ángulo Máximo dirección	Ángulo Máximo articulación
30º	13.66 m	9.06 m	19.0º	11.6º
60º	14.08 m	8.41 m	26.4º	21.3º
90º	14.25 m	8.05 m	29.4º	27.5º
120º	14.30 m	7.86 m	30.6	30.9º
150º	14.32 m	7.76 m	31.2º	32.7º
180º	14.33 m	7.72 m	31.4º	33.6º

Similar a "Minimum Turning Path for Articulated Bus (A-BUS) Design Vehicle" en la norma AASHTO.

Figura 202.25
Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 30º

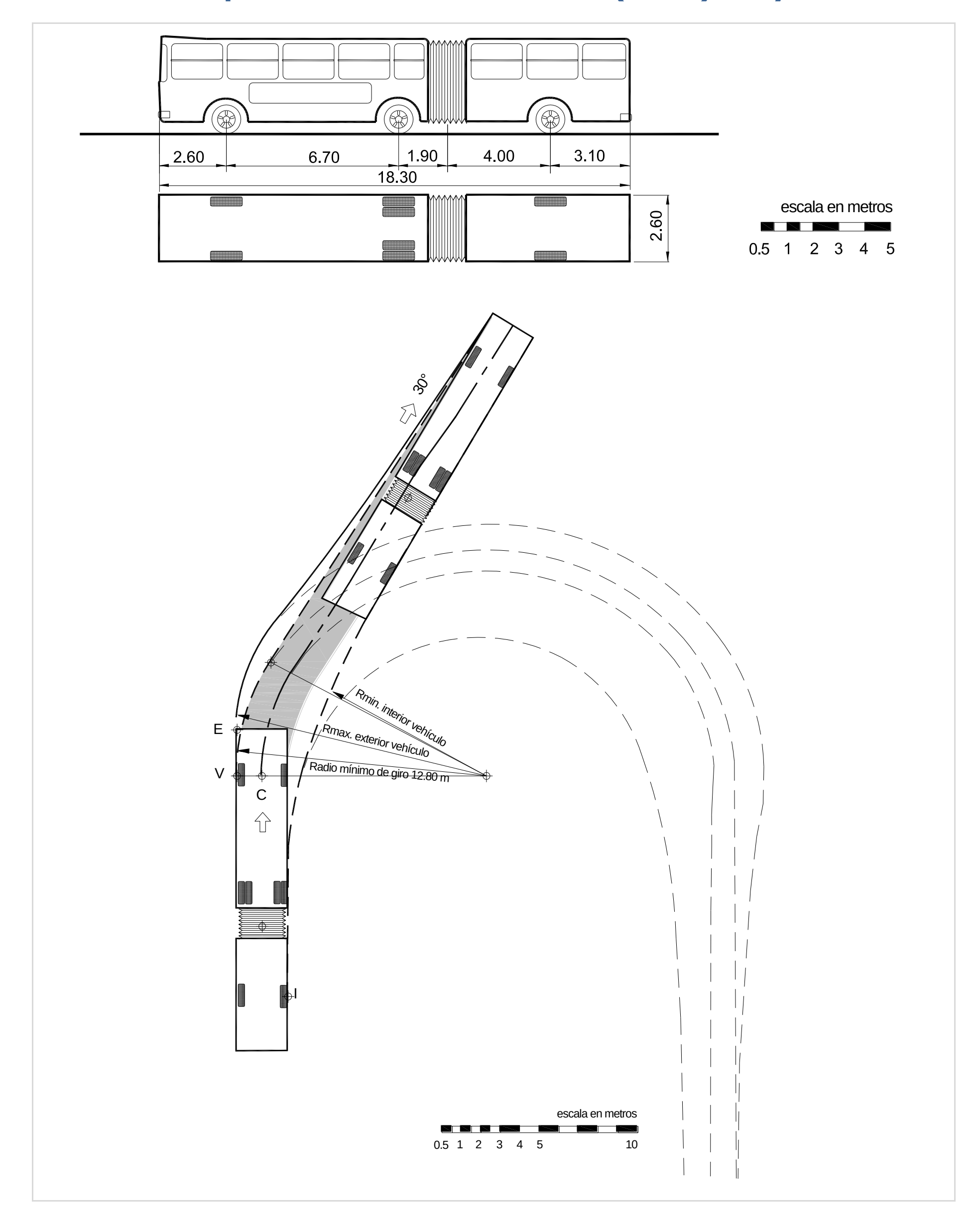


Figura 202.26
Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 60º

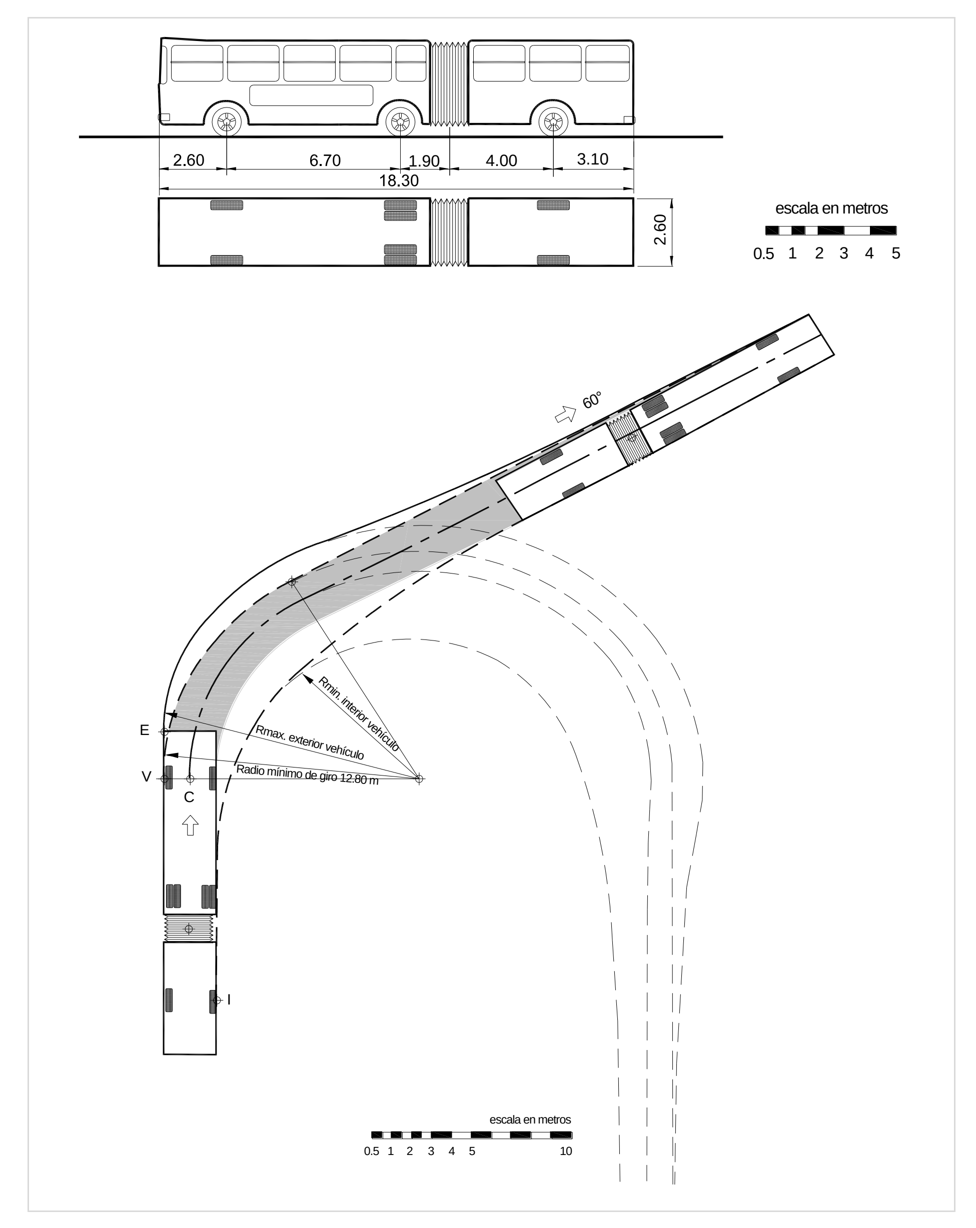


Figura 202.27
Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 90º

Figura 202.28
Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 120º

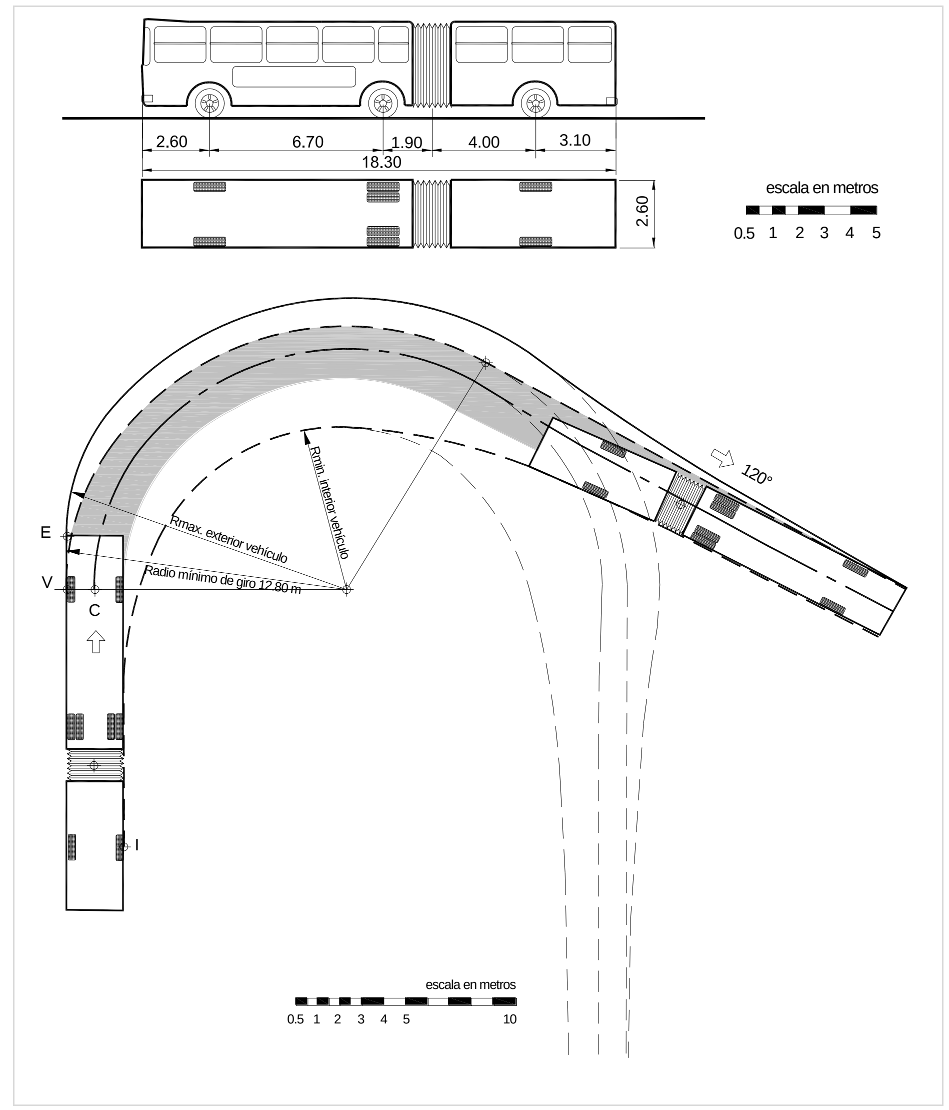


Figura 202.29
Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 150º

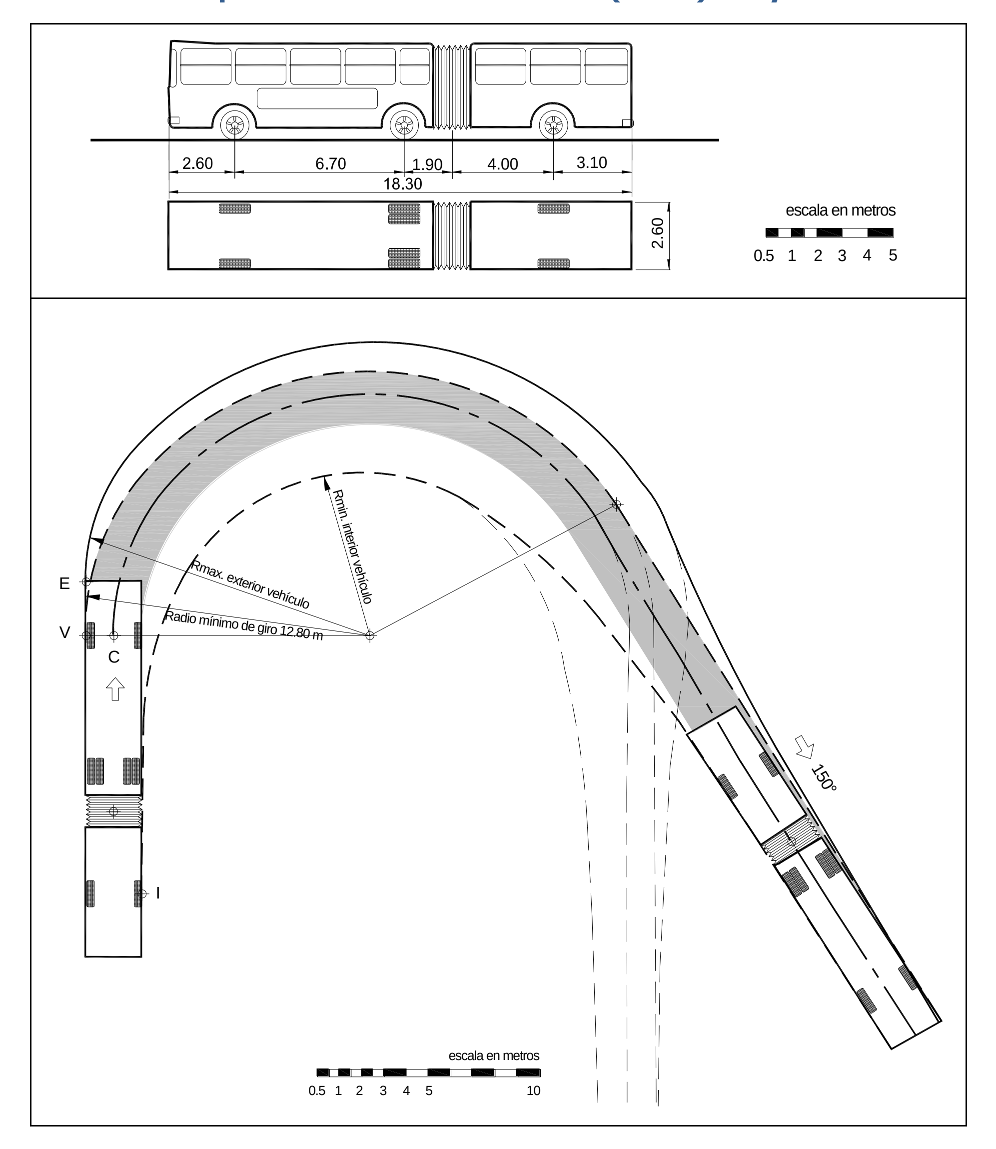


Figura 202.30
Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 180º

Tabla 202.07
Semirremolque simple (T2S1)
Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. Exterior Vehículo (E)	R mín. interior Vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación
30º	14.08 m	8.73 m	17.6º	15.1º
60º	14.20 m	6.89 m	23.2º	29.23º
90º	14.24 m	5.41 m	25.0º	41.1º
120º	14.26 m	4.19 m	25.7º	50.8º
150º	14.26 m	3.14 m	25.9º	58.5º
180º	14.27 m	2.22 m	25.9º	65.4º

Figura 202.31
Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 30º

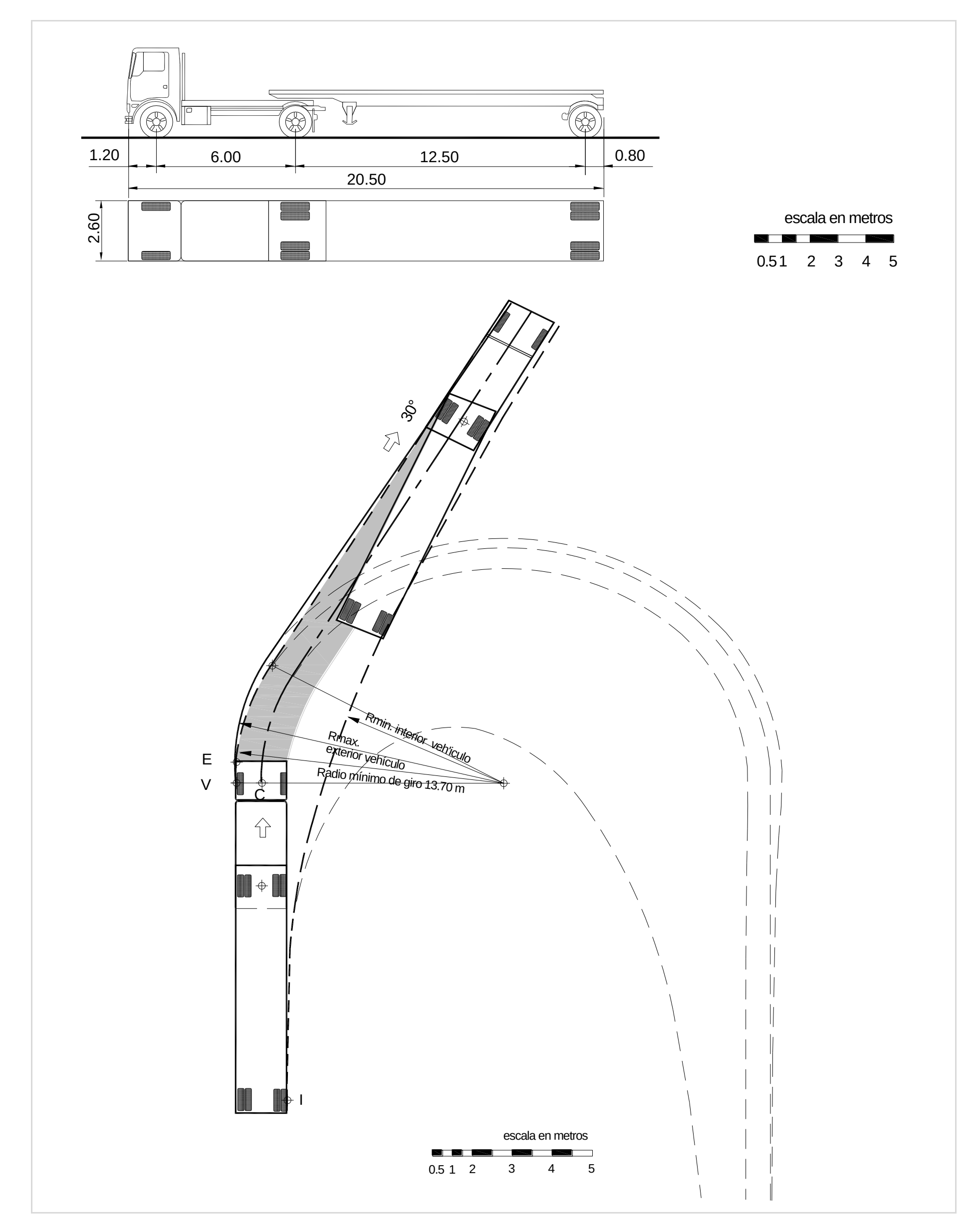


Figura 202.32
Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 60º

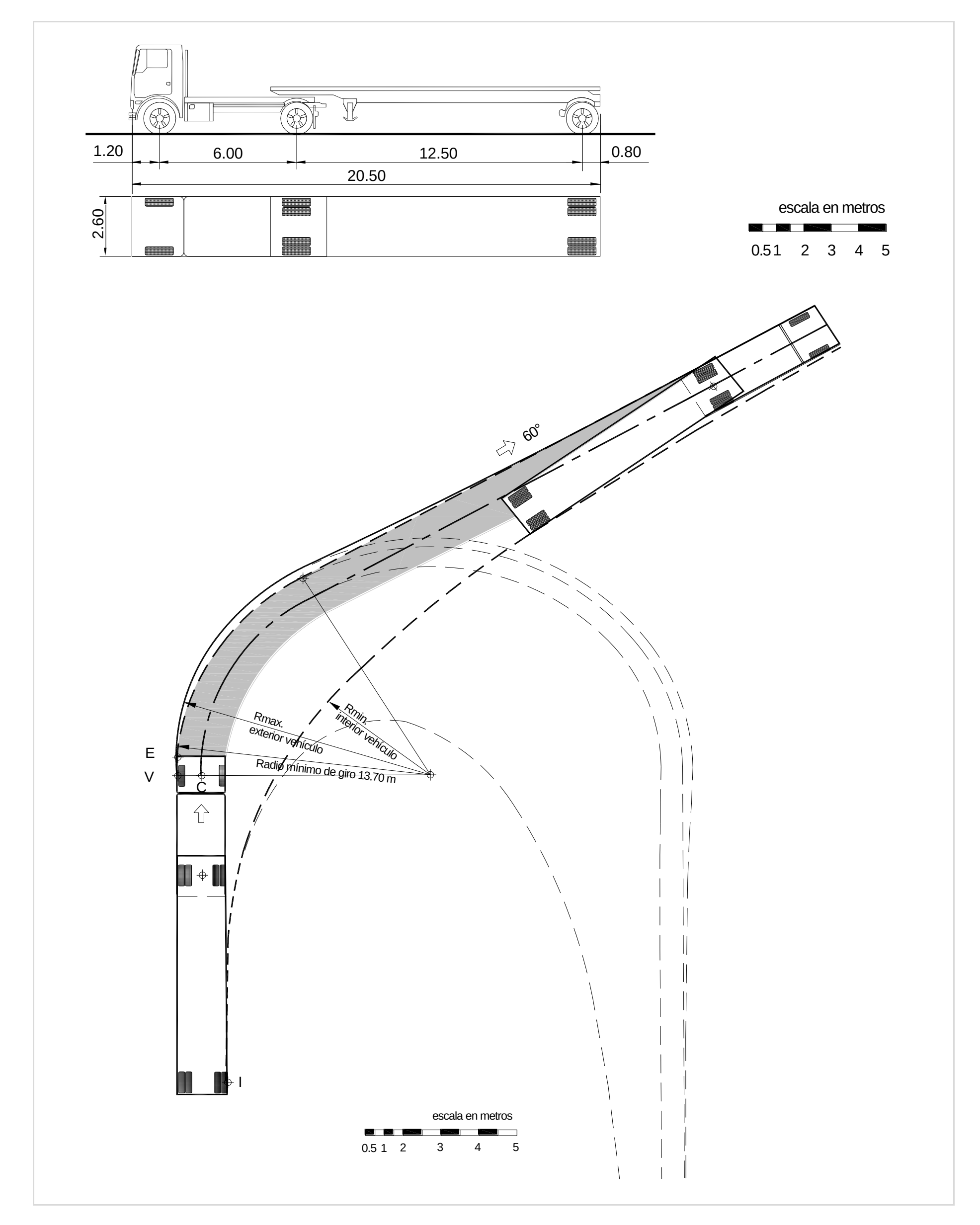


Figura 202.33
Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 90º

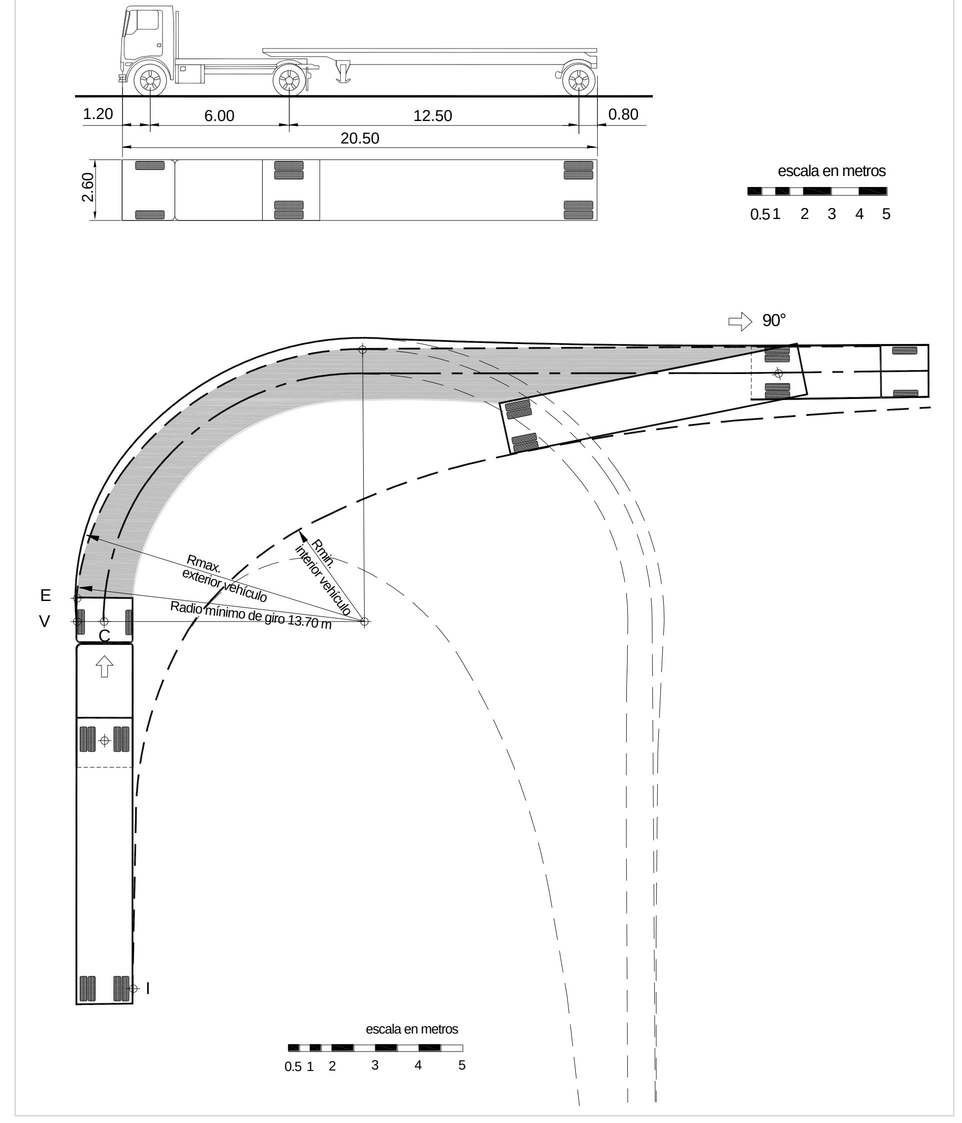


Figura 202.34
Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 120º

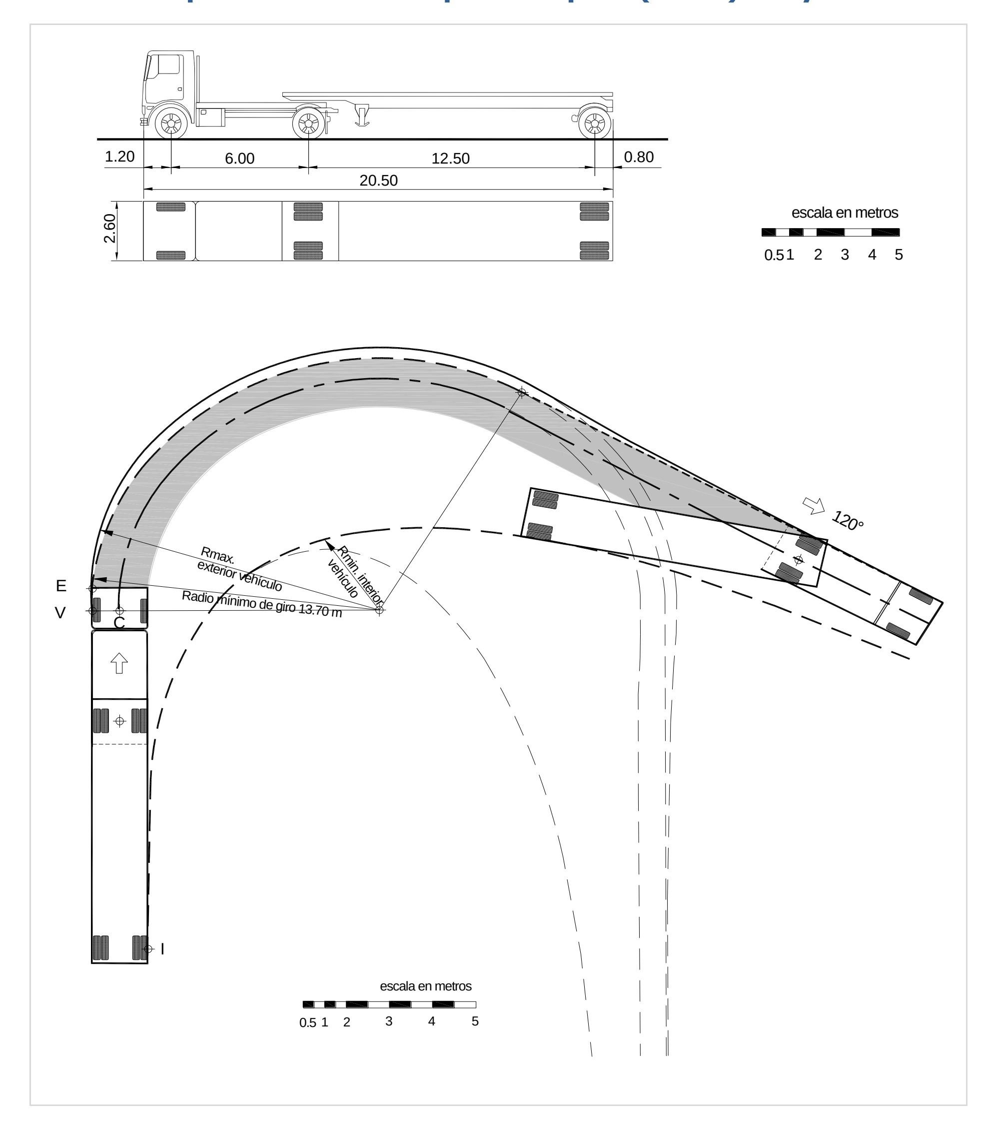


Figura 202.35
Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 150º

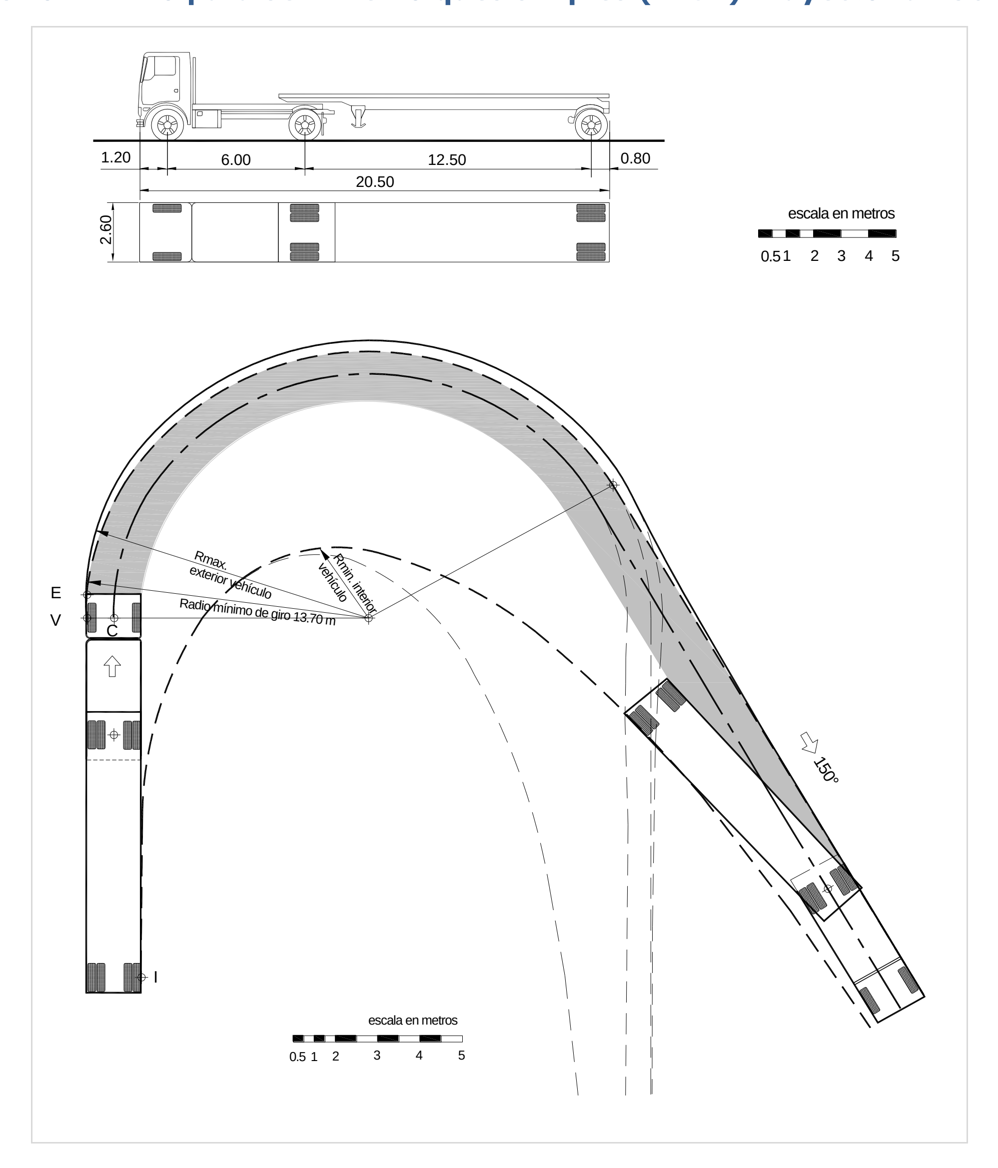


Figura 202.36
Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 180º

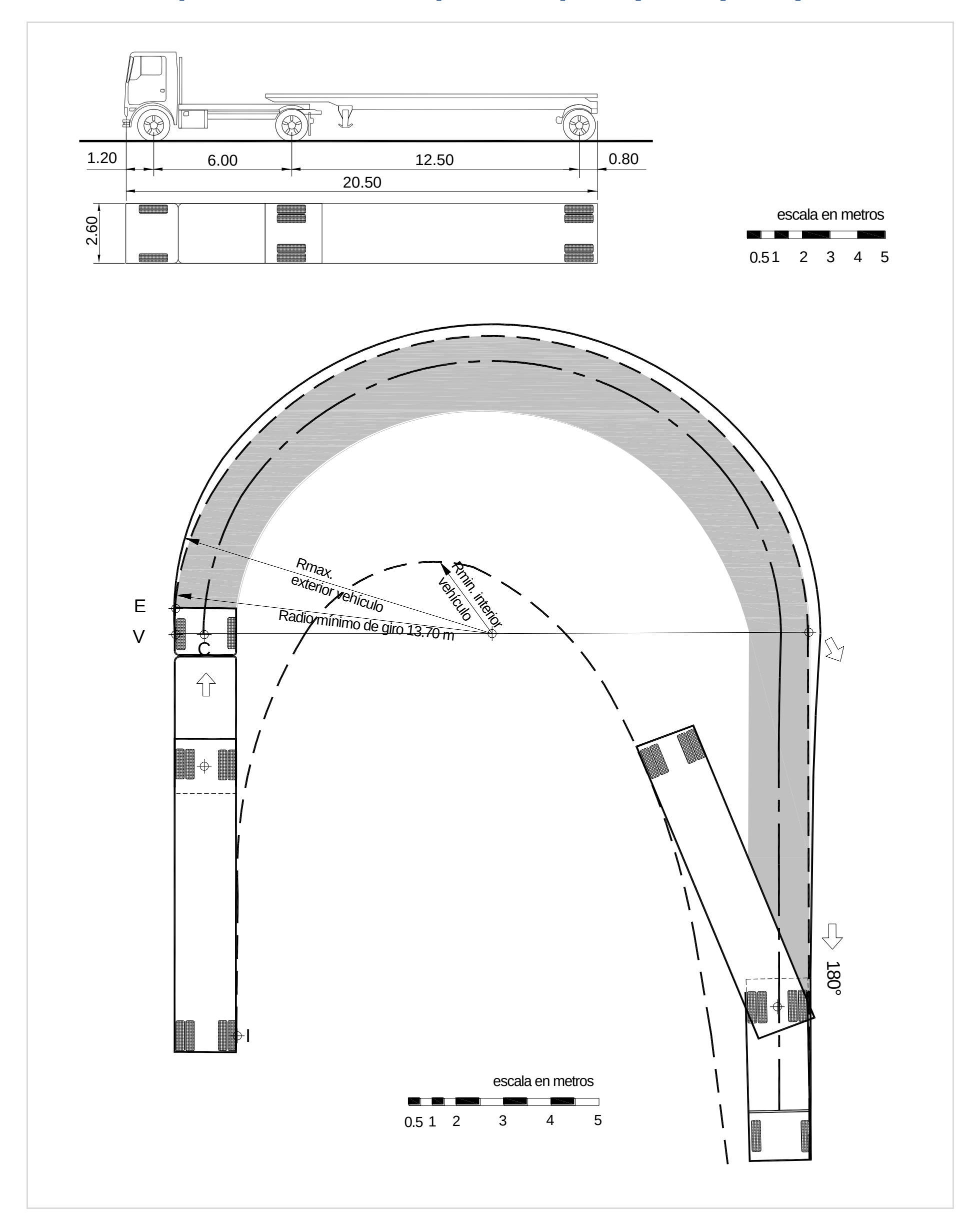


Tabla 202.08
Remolque simple (C2R1)
Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. exterior Vehículo (E)	R mín. interior Vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación camión	Ángulo máximo articulación remolque
30º	13.25 m	7.94 m	22.1º	5.6º	9.3º
60º	13.49 m	6.21 m	34.2º	10.6º	18.7º
90º	13.61 m	4.81 m	41.3º	14.6º	27.8º
120º	13.68 m	3.66 m	45.6º	17.8º	36.5º
150º	13.71 m	2.67 m	48.3º	20.3º	44.6º
180º	13.74 m	1.79 m	50.1º	22.2º	52.3º

Similar a "Minimum Turning Path for Double-Trailer Combination (WB-20D [WB-67D]) Design Vehicle" en la norma AASHTO.

Figura 202.37
Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 30º

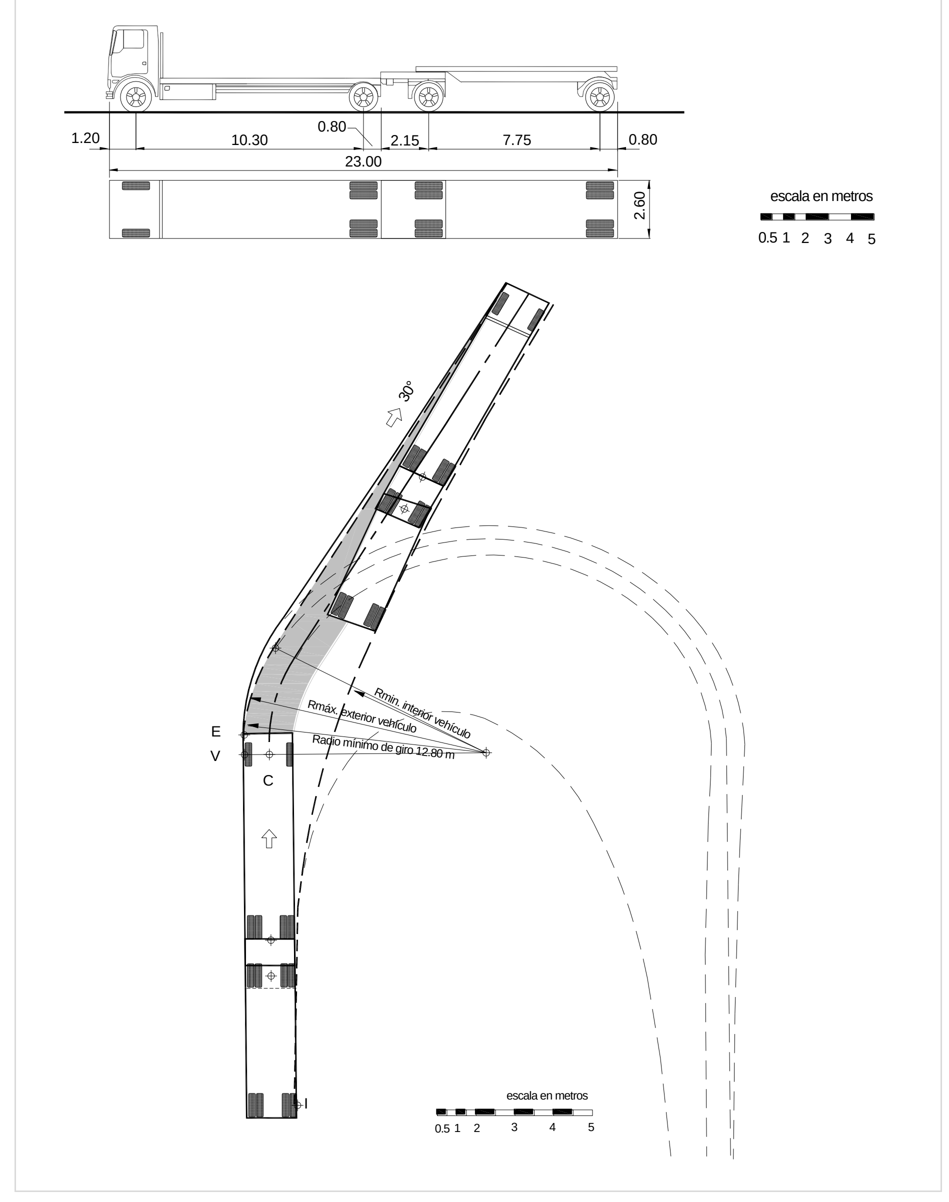


Figura 202.38
Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 60º

Figura 202.39
Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 90º

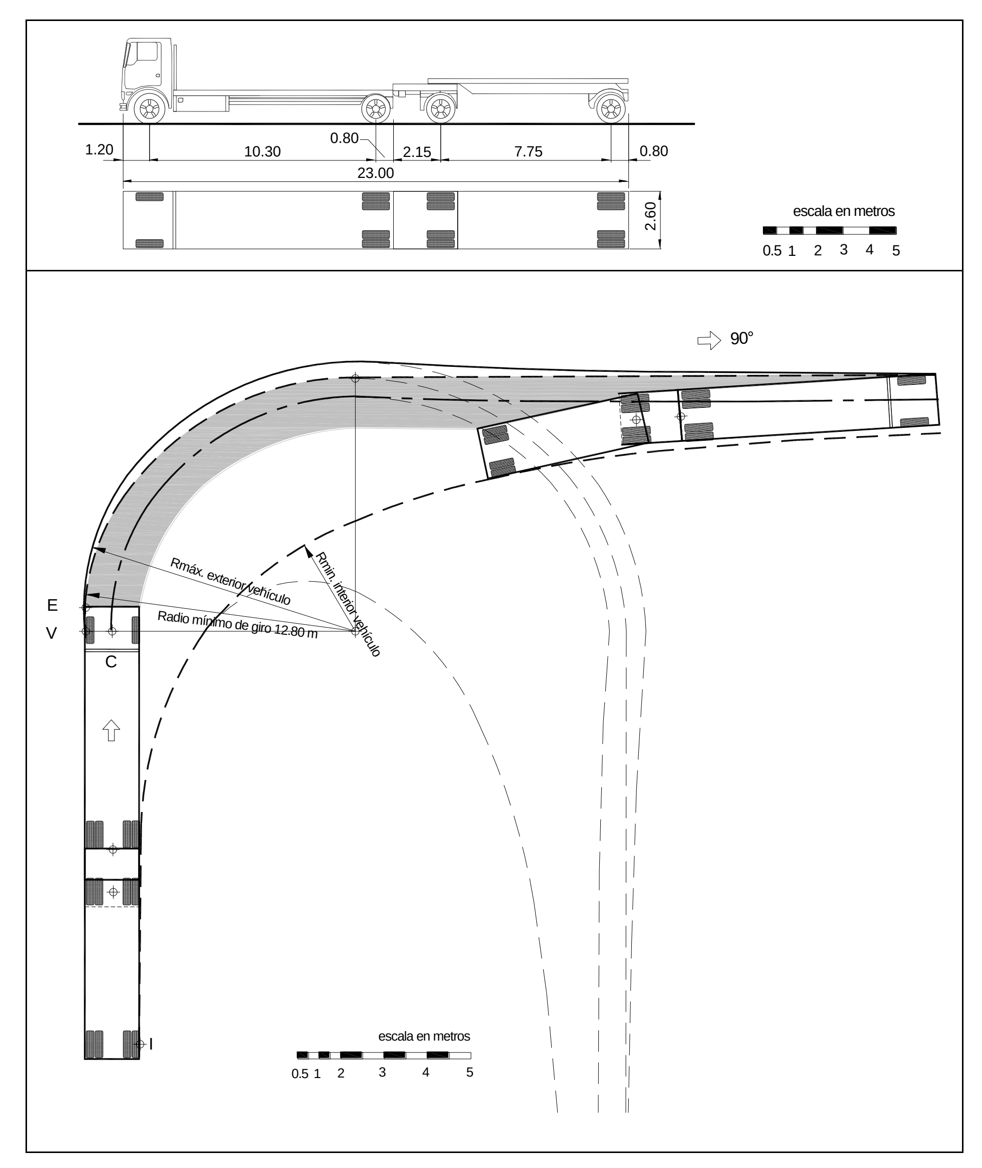


Figura 202.40
Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 120º

1.20
10.30
0.80
2.15
7.75
0.80
23.00
2.60
escala en metros
0.5 1 2 3 4 5
120°
Rmáx. exterior vehículo
Radio mínimo de giro 12.80 m
Rmin. interior vehículo
E
V
C
I
escala en metros
0.5 1 2 3 4 5

Figura 202.41
Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 150º

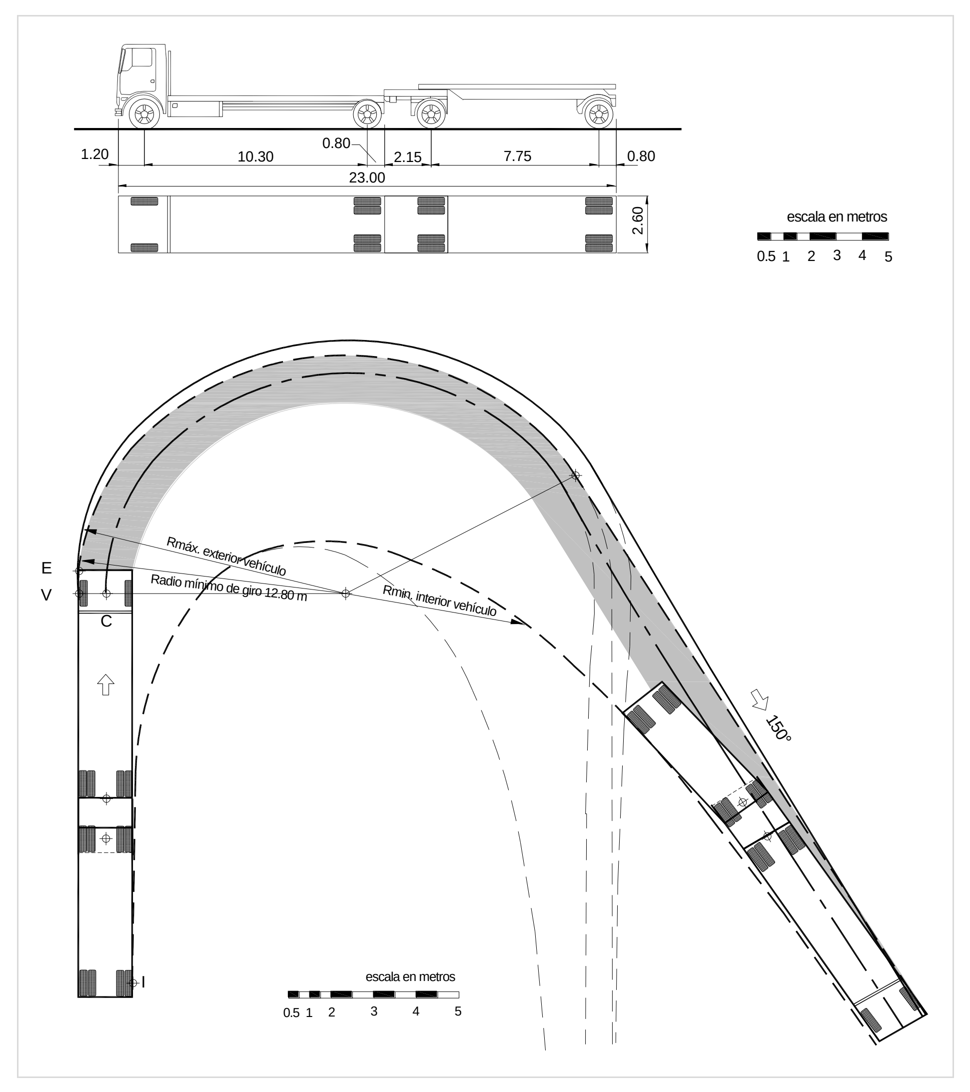


Figura 202.42

Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 180º

Tabla 202.09
Semirremolque doble (T3S2S2)
Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	Rmáx exterior vehículo (E)	Rmín interior vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación camión	Ángulo máximo articulación remolque
30º	14.06 m	9.25 m	16.7º	12.1º	10.5º
60º	14.17 m	7.95 m	21.3º	22.1º	20.6º
90º	14.20 m	7.02 m	22.7º	28.7º	29.5º
120º	14.21 m	6.35 m	23.0º	32.6º	36.9º
150º	14.21 m	5.87 m	23.2º	34.7º	42.7º
180º	14.22 m	5.53 m	23.2º	35.8º	47.0º

Figura 202.43
Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 30º

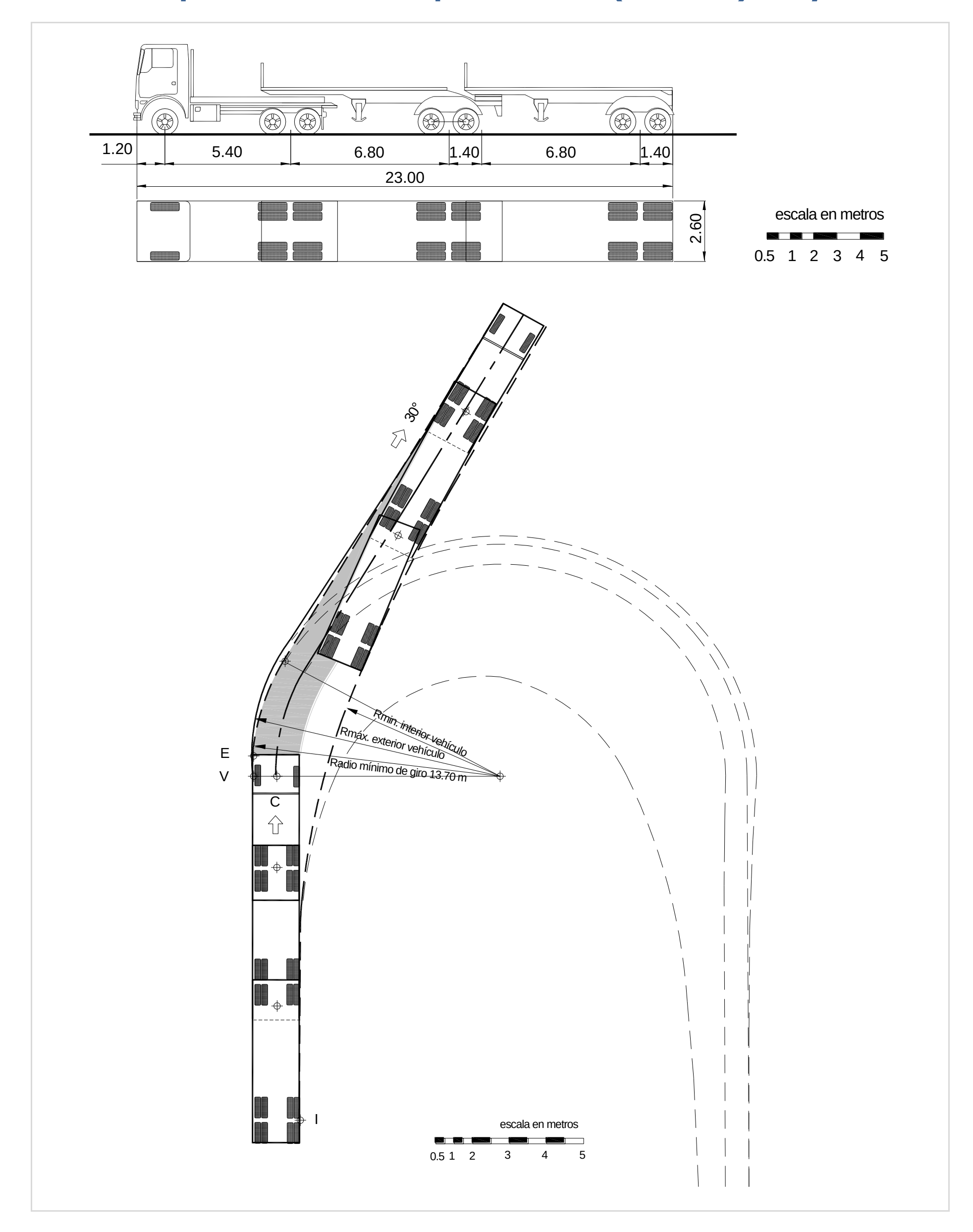


Figura 202.44
Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 60º

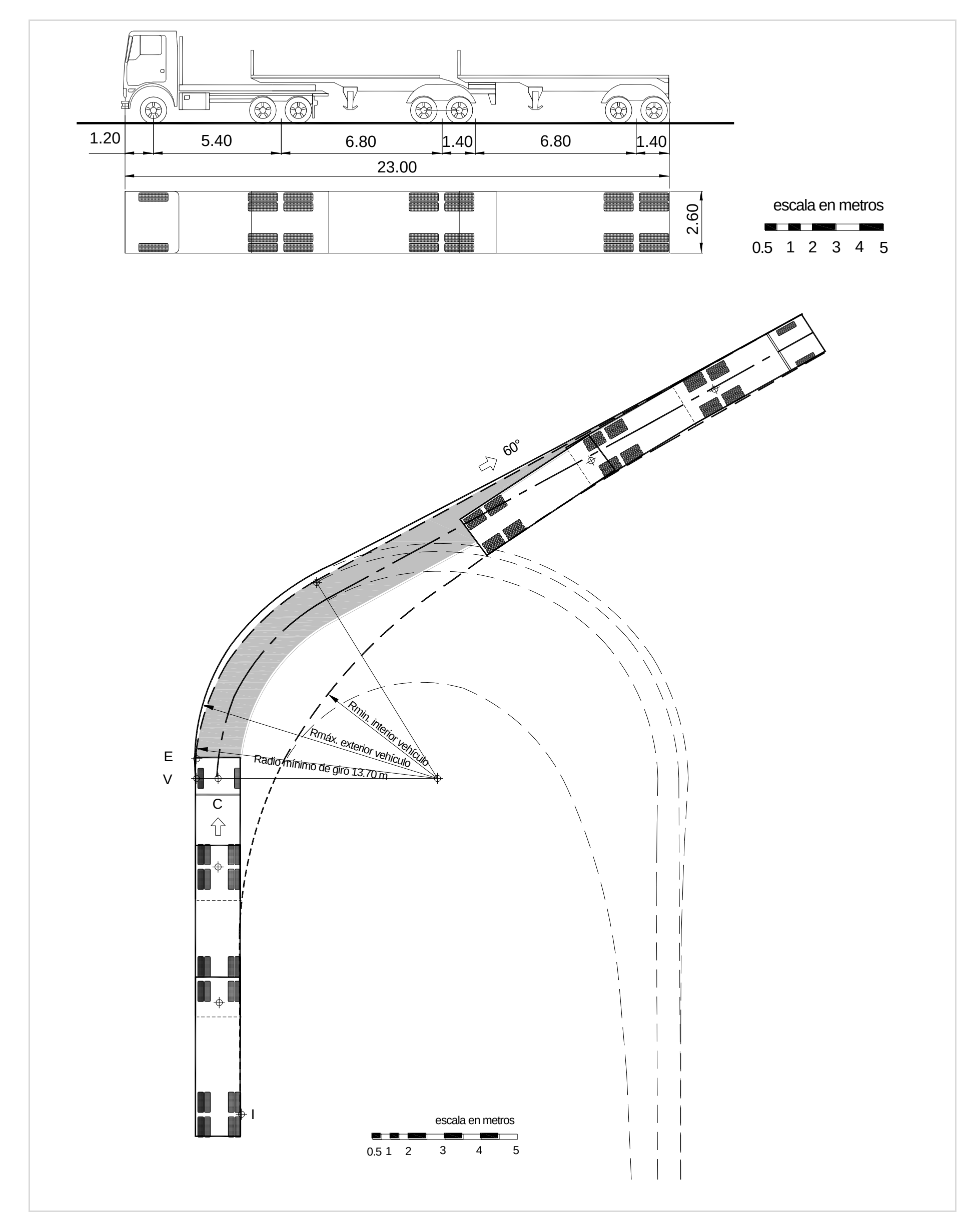


Figura 202.45
Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 90º

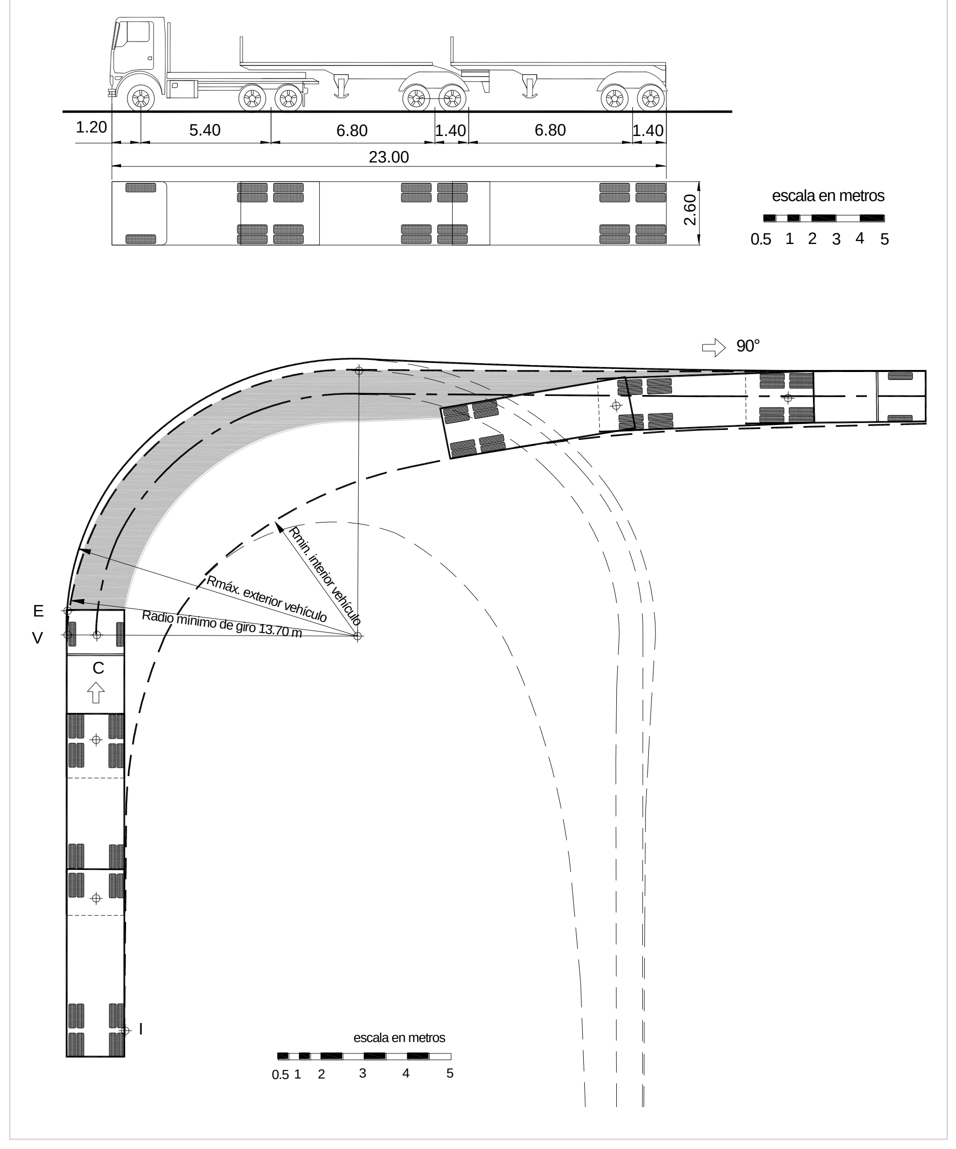


Figura 202.46
Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 120º

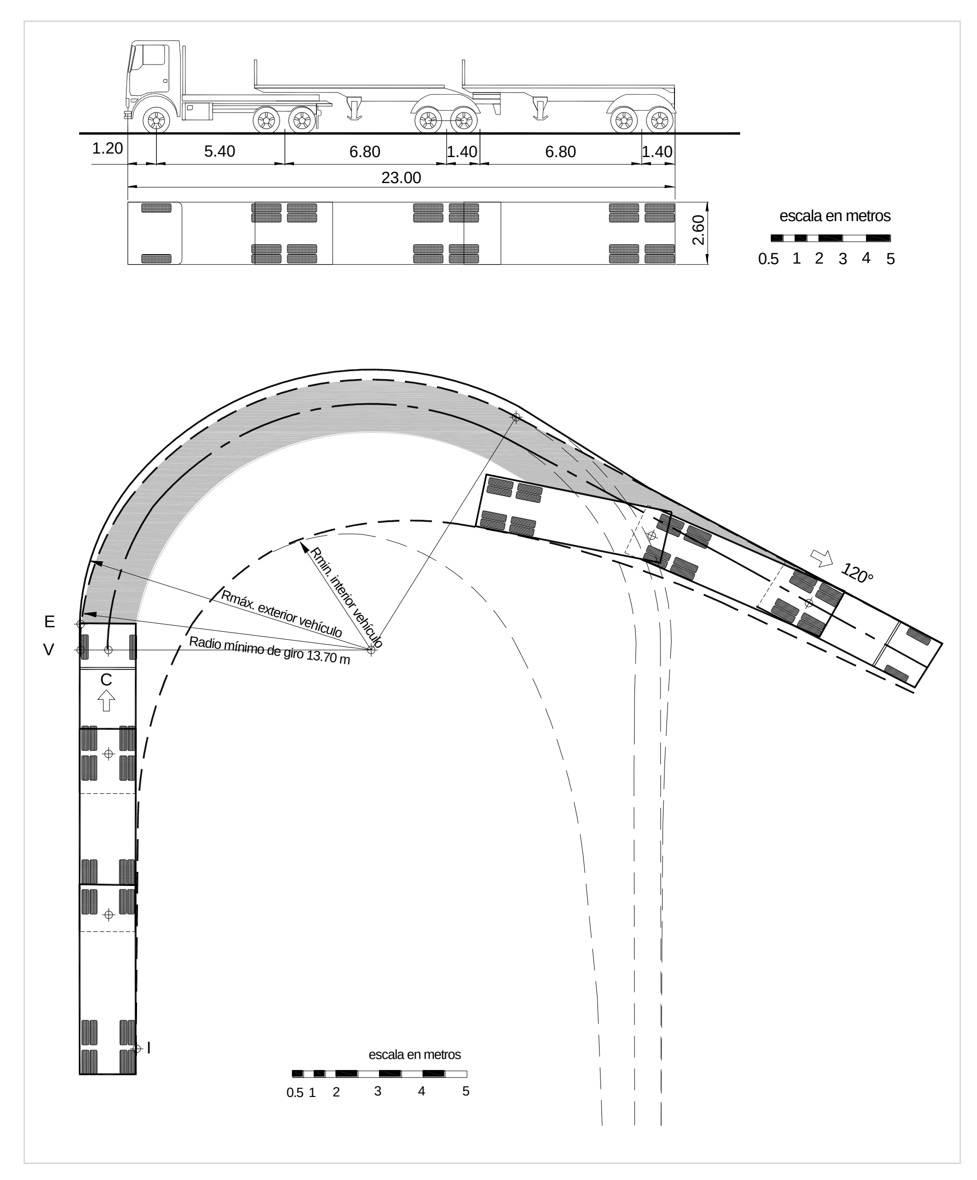


Figura 202.47
Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 150º

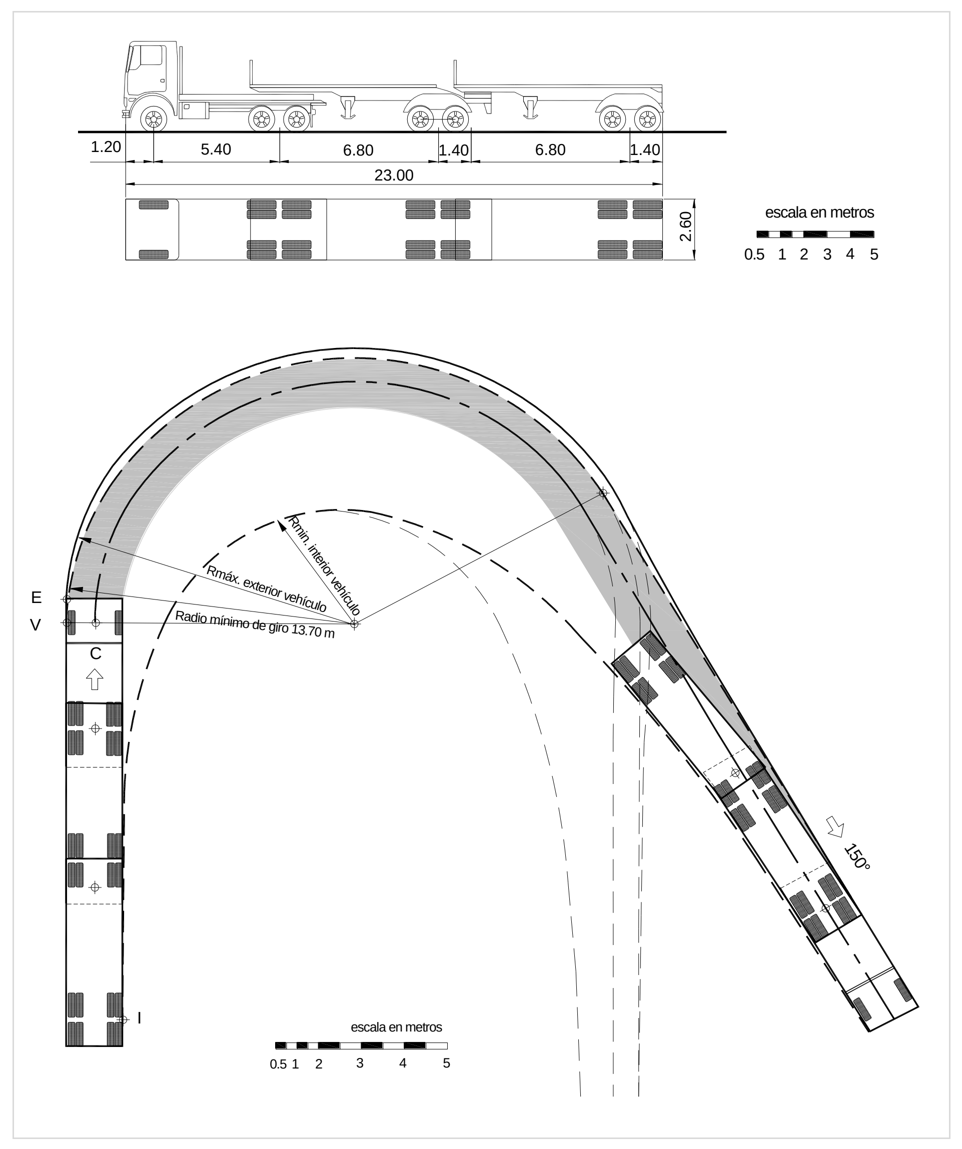


Figura 202.48
Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 180º

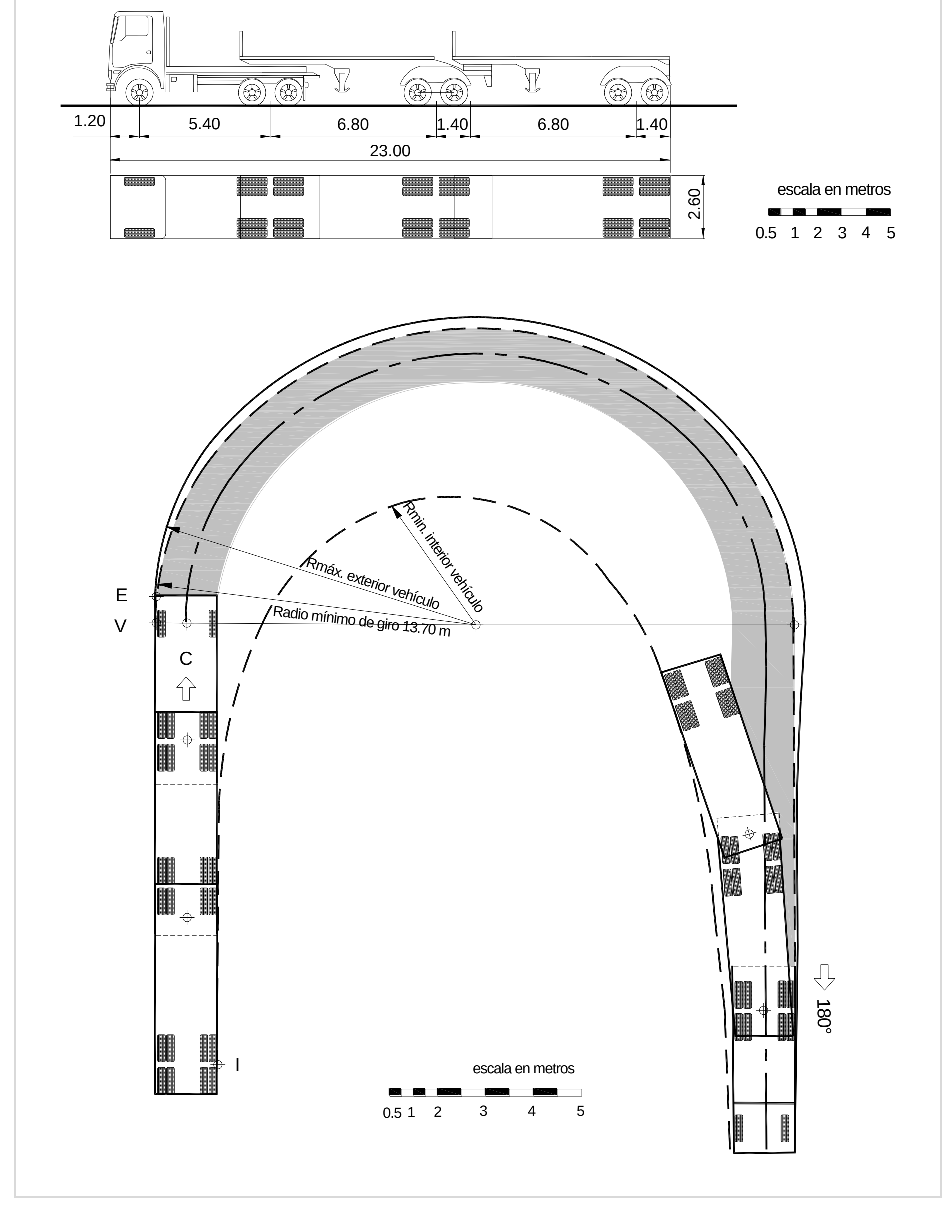


Tabla 202.10
Semirremolque-Remolque (T3S2S2)
Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. exterior vehículo (E)	R mín. interior vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación camión	Ángulo máximo articulación semi-rremolque	Ángulo máximo articulación remolque
30º	14.06 m	9.46 m	16.8º	11.0º	6.4º	8.0º
60º	14.18 m	8.38 m	21.5º	19.7º	11.9º	15.5º
90º	14.21 m	7.65 m	22.9º	25.0º	15.8º	21.9º
120º	14.22 m	7.17 m	23.3º	27.9º	18.2º	26.9º
150º	14.22 m	6.87 m	23.4º	29.3º	19.6º	30.5º
180º	14.22 m	6.68 m	23.4º	29.9º	20.3º	32.9º

Similar a "Minimum Turning Path for Turnpike-Double Combination (WB-33D [WB-109D]) Design Vehicle" en la norma AASHTO.

Figura 202.49
Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S2)
Trayectoria 30º

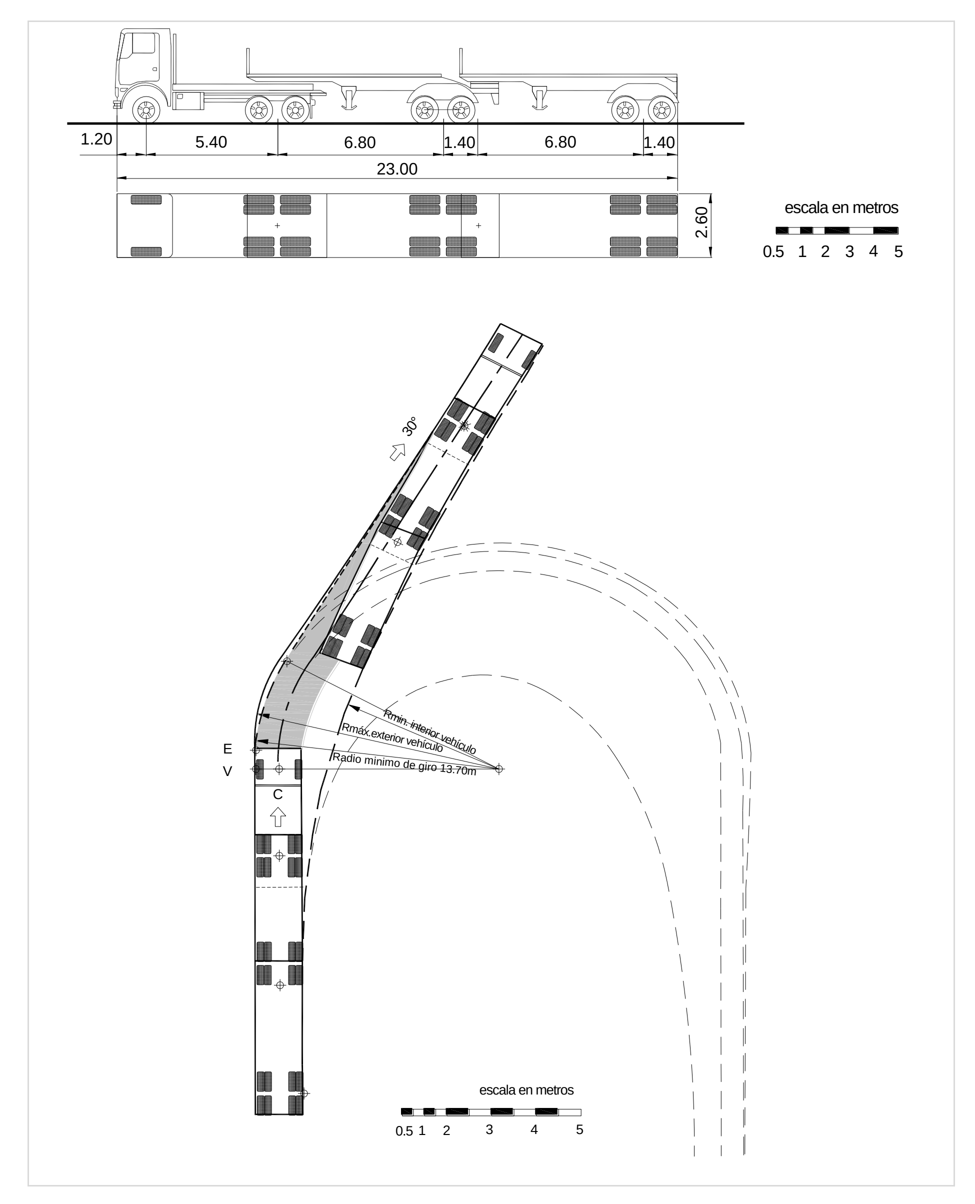


Figura 202.50
Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S2)
Trayectoria 60º

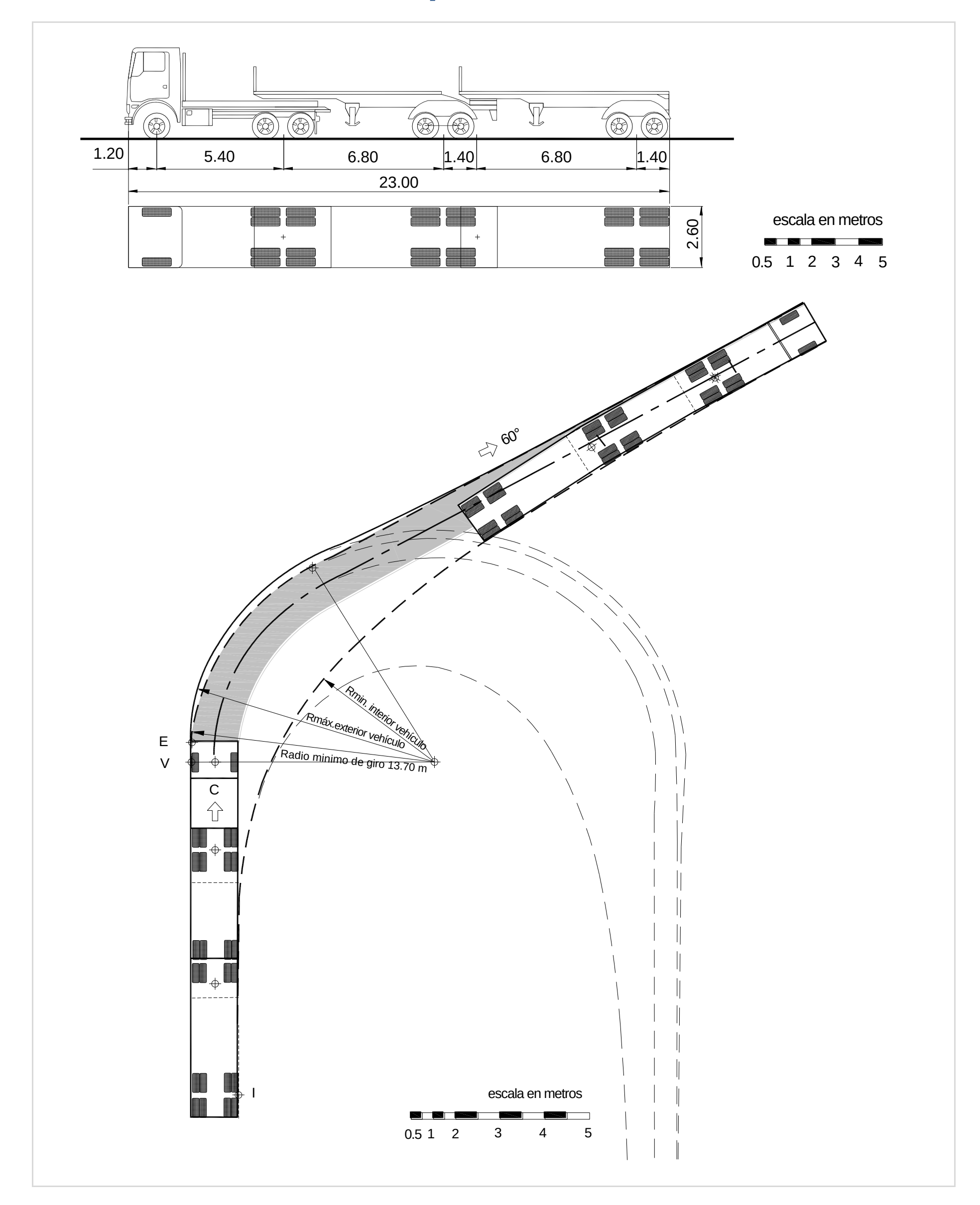


Figura 202.51
Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S2)
Trayectoria 90º

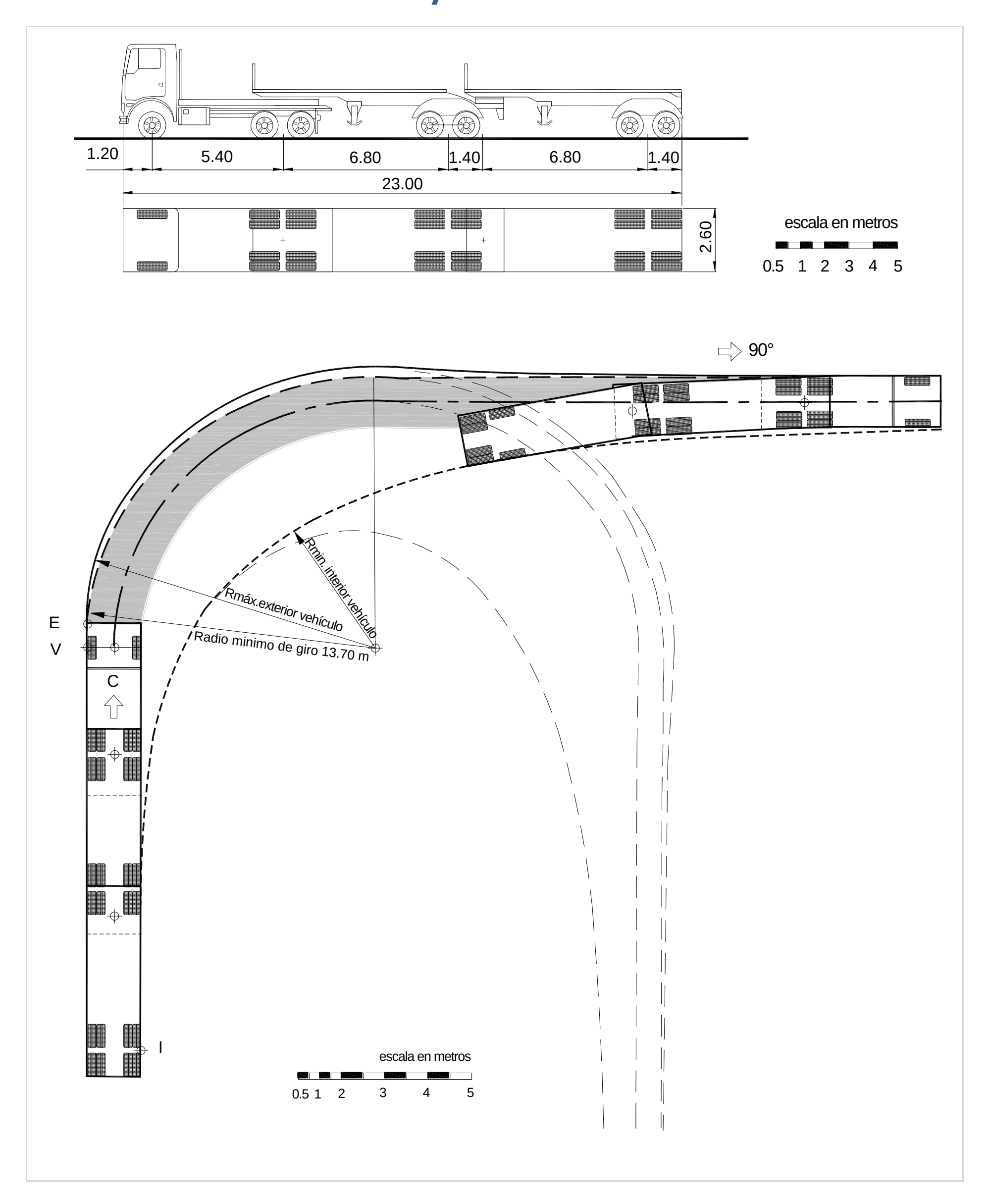


Figura 202.52
Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S2)
Trayectoria 120º

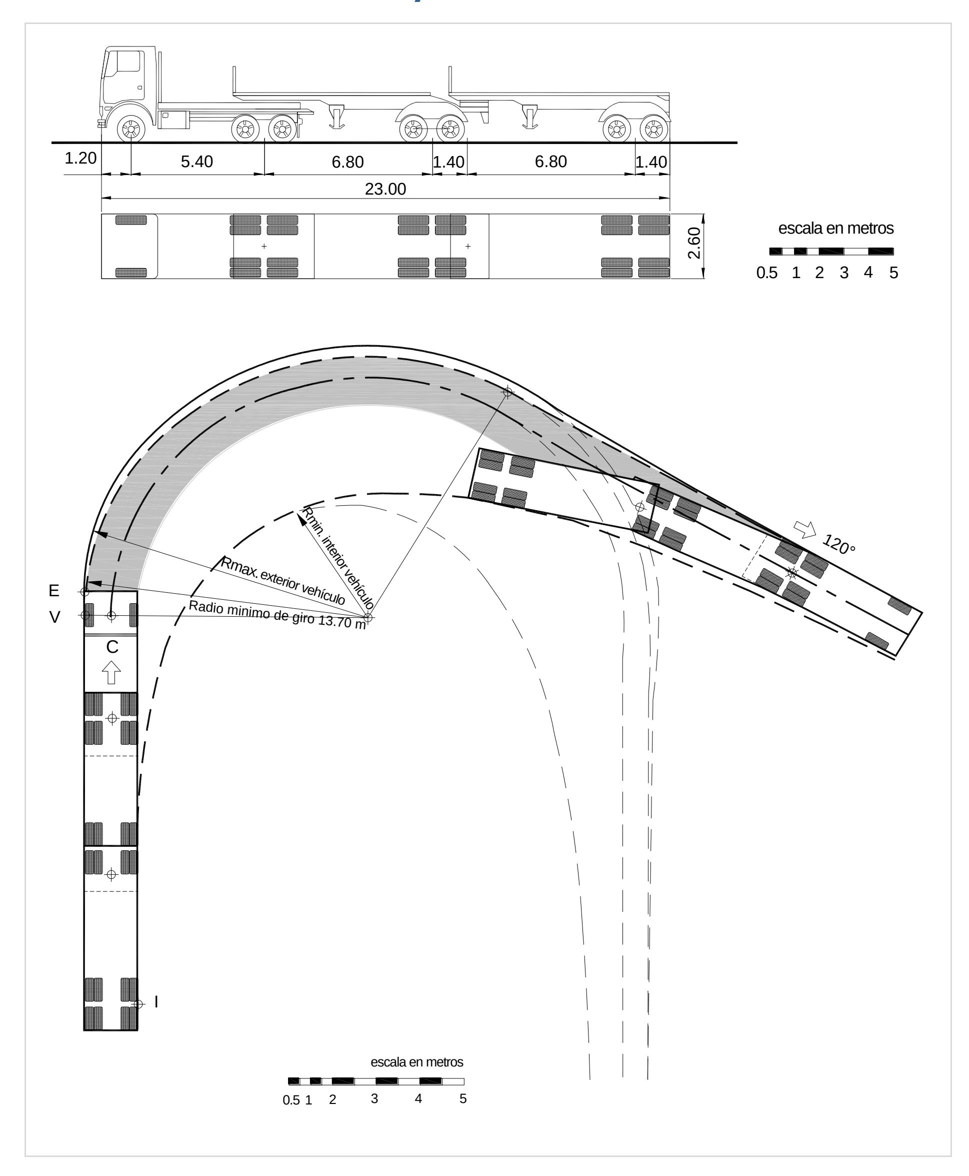


Figura 202.53
Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S2)
Trayectoria 150º

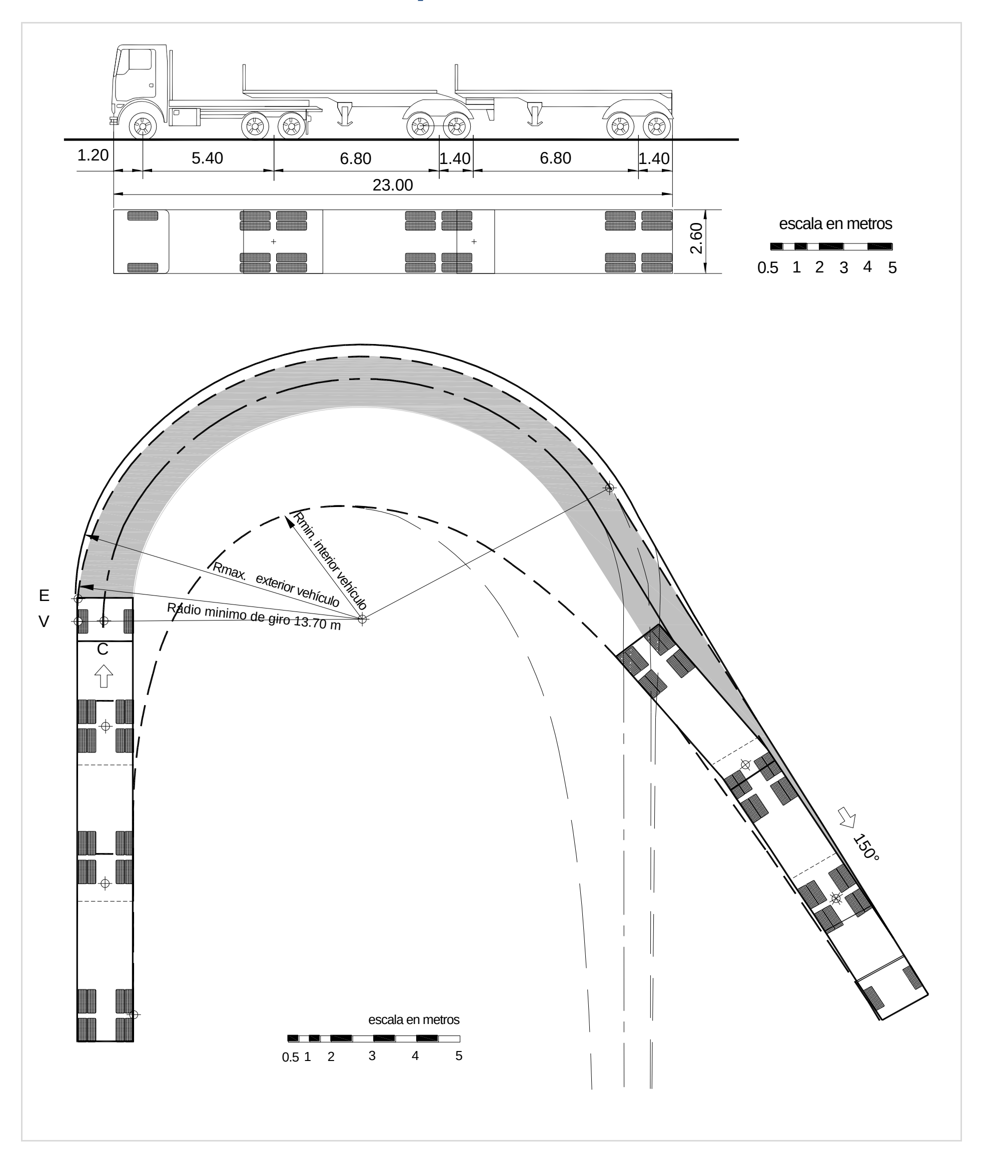
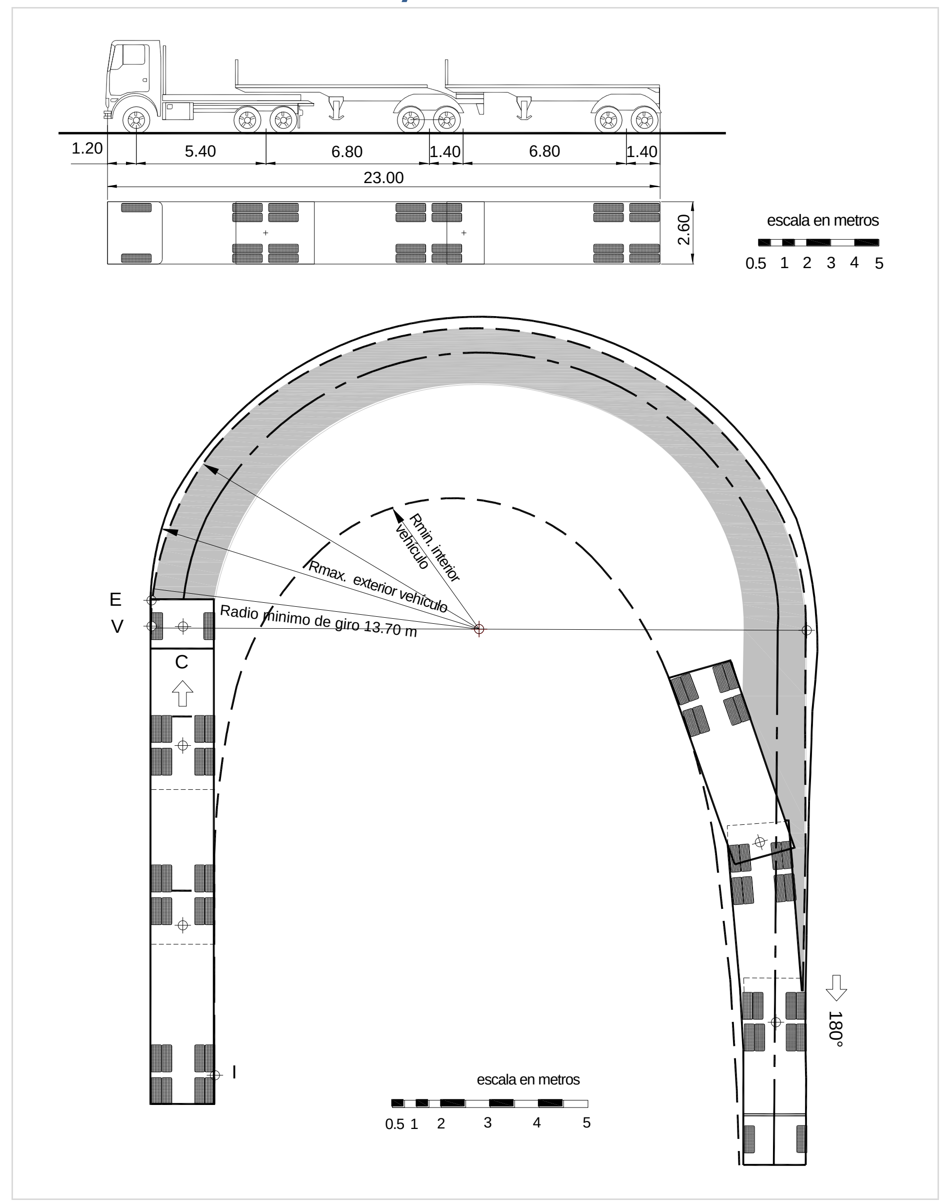


Figura 202.54
Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S2)
Trayectoria 180º



La siguiente tabla contiene los datos del semirremolque simple T3S3. Para las trayectorias de giro mínimo de este vehículo, pueden utilizarse las correspondientes al semirremolque simple T2S1, ya que las del T3S3 están comprendidas dentro de ellas.

Tabla 202.11
Semirremolque simple (T3S3)
Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. Exterior Vehículo (E)	R mín. interior vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación
30º	14.06 m	8.89 m	16.7º	15.5º
60º	14.17 m	7.22 m	21.3º	29.6º
90º	14.20 m	5.91 m	22.7º	41.0º
120º	14.21 m	4.85 m	23.1º	49.9º
150º	14.21 m	3.98 m	23.2º	56.7º
180º	14.22 m	3.24 m	23.2º	62.1º

SECCIÓN 203
Características del tránsito

203.01 Generalidades

Las características y el diseño de una carretera deben basarse, explícitamente, en la consideración de los volúmenes de tránsito y de las condiciones necesarias para circular por ella, con seguridad vial ya que esto le será útil durante el desarrollo de carreteras y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de definición geométrica, en la selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transportes.

La financiación, la calidad de los terrenos, la disponibilidad de materiales, el costo del derecho de vía, y otros factores tienen una influencia importante en el diseño, sin embargo, el volumen de tránsito indica la necesidad de la mejora y afecta directamente a las características de diseño geométrico como son el número de carriles, anchos, alineaciones, etc.

Conjuntamente con la selección del vehículo de proyecto, se debe tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía, obtenida sobre la base de estudio de tráfico y sus proyecciones que consideren el desarrollo futuro de la zona tributaria de la carretera y la utilización que tendrá cada tramo del proyecto vial.

203.02 Índice medio diario anual (IMDA)

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual. Estos volúmenes pueden ser obtenidos en forma manual o con sistemas tecnológicos.

La IMDA (Intensidad Media Diaria Anual), también conocida por sus siglas en inglés AADT (Average Annual Daily Traffic), se utiliza fundamentalmente para el planeamiento: proyección de vías, programas de acondicionamiento de pavimento, determinación de tendencias en el uso de las vías, determinación de características geométricas de carácter general, proyectos de señalización e iluminación, estudios medioambientales, estudios de impacto acústico, entre otros.

203.03 Clasificación por tipo de vehículo

Expresa, en porcentaje, la participación que le corresponde en el IMDA a las diferentes categorías de vehículos, que acorde al Reglamento Nacional de Vehículos, son las siguientes:

- **Categoría L**: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.
  - L1: Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm^3 y velocidad máxima de 50 km/h.
  - L2: Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm^3 y velocidad máxima de 50 km/h.

- L3: Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm^3 o velocidad mayor a 50 km/h.
- L4: Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm^3 ó una velocidad mayor de 50 km/h.
- L5: Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm^3 ó velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda de una tonelada.

- **Categoría M**: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.
  - M1: Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.
  - M2: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.
  - M3: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

  Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:

  - Clase I: Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos.
  - Clase II: Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.
  - Clase III: Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

- **Categoría N**: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancía.
  - N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3.5 toneladas o menos.
  - N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3.5 toneladas hasta 12 toneladas.
  - N3: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

- **Categoría O**: Remolques (incluidos semirremolques).
  - O1: Remolques de peso bruto vehicular de 0.75 toneladas o menos.
  - O2: Remolques de peso bruto vehicular de más 0.75 toneladas hasta 3.5 toneladas.
  - O3: Remolques de peso bruto vehicular de más de 3.5 toneladas hasta 10 toneladas.
  - O4: Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.

- **Categoría S** : Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:
  - SA : Casas rodantes
  - SB : Vehículos blindados para el transporte de valores
  - SC : Ambulancias

- SD : Vehículos funerarios

Los símbolos SA, SB, SC y SD deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia será designado como N1SC.

Los tipos de vehículos indicados pueden variar, y por tanto para el diseño debe emplearse, los aprobados en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente.

203.04 Volumen horario de diseño (VHD)

El patrón de tráfico en cualquier carretera, muestra una variación considerable en los volúmenes de tránsito, durante las distintas horas del día y de cada hora durante todo el año.

En caminos de alto tránsito, es el volumen horario de diseño (VHD), y no el IMDA, lo que determina las características que deben otorgarse al proyecto, para evitar problemas de congestión y determinar condiciones de servicio aceptables. Por lo tanto, una decisión clave para el diseño, consiste en determinar cuál de estos volúmenes de tránsito por hora, debe ser utilizado como base para el diseño.

El VHD deberá obtenerse a partir de un ordenamiento decreciente, de los mayores volúmenes horarios registrados a lo largo de todo un año. Al graficar estos valores se podrá establecer el volumen horario de demanda máxima normal, que para la mayoría de los caminos de tránsito mixto (aquellos que no presentan un componente especializado preponderante, por ejemplo: turismo), coincide con el volumen asociado a la trigésima hora de mayor demanda. Los volúmenes asociados a las horas, que ocupan las primeras posiciones en el ordenamiento decreciente, se consideran máximos extraordinarios, en los que se acepta cierto grado de congestión al final de la vida útil del proyecto. El volumen asociado a la trigésima hora será mayor aunque muy similar, a los volúmenes previsibles en una gran cantidad de horas al año que figuran a continuación de la trigésima hora, de allí su definición como máximo normal.

De esta forma, si se ordenan por magnitudes decrecientes los volúmenes horarios en ambos sentidos de circulación de las 8760 horas de un año, se denomina Volumen de la Hora Trigésima al que ocupa el rango trigésimo de dicho ordenamiento. En otros términos es el volumen horario que durante el transcurso del año sólo es superado 29 veces.

De lo anteriormente expuesto se infiere que el VHD considera las demandas críticas tomando en cuenta las variaciones estacionales y diarias que normalmente presenta una carretera. Por otra parte el VHD debe ser proyectado al término del período de diseño a fin de considerar su evolución en el tiempo.

El volumen horario de proyecto corresponde a un porcentaje entre el 12% y el 18% del IMDA estimado para el año horizonte del proyecto.

A falta de información estadística que permita elaborar el análisis detallado del comportamiento horario actual de una ruta existente o para estimar el VHD, de una nueva ruta, se podrá utilizar la relación empírica extensamente comprobada en caminos de tránsito mixto, que relaciona el IMDA con el VHD:

$$\mathbf{VHDaño_{\,i} = 0.12 \sim 0.18\ IMDAaño_{\,i}}$$

Coeficientes del orden de 0.12 corresponden por lo general a carreteras de tránsito mixto con variaciones estacionales moderadas.

Coeficientes del orden de 0.18 se asocian a carreteras con variaciones estacionales marcadas, causadas normalmente por componentes de tipo turístico.

Es importante hacer notar que mientras no se prevea un cambio importante en las proporciones en que participan los diferentes componentes de tránsito (industrial, agrícola, minero, turístico, etc.), la relación entre el VHD y el IMDA se mantendrá razonablemente constante.

En cuanto a la composición por categoría de vehículo, es necesario tener presente que los volúmenes horarios máximos se producen por un incremento de los vehículos ligeros, y en los casos con componente turística, este incremento se da en días coincidentes con una baja en el volumen de camiones. En definitiva el VHD presentará una composición porcentual diferente de la que se observa para el IMDA, situación que deberá analizarse en cada caso particular.

203.05 Crecimiento del tránsito

Una carretera debe estar diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto.

No obstante, el establecimiento de la vida útil de una carretera, requiere la evaluación de las variaciones de los principales parámetros en cada segmento de la misma, cuyo análisis reviste cierta complejidad por la obsolescencia de la propia infraestructura o inesperados cambios en el uso de la tierra, con las consiguientes modificaciones en los volúmenes de tráfico, patrones, y demandas. Para efectos prácticos, se utiliza como base para el diseño un periodo de veinte años.

La definición geométrica de las nuevas carreteras, o en el caso de mejoras en las ya existentes, no debe basarse únicamente en el volumen de tránsito actual, sino que debe considerar, el volumen previsto que va a utilizar esta instalación en el futuro.

De esta forma, deberán establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño. Ello, además de fijar algunas características del proyecto, permite eventualmente, elaborar un programa de construcción por etapas.

A continuación se establece la metodología para el estudio de la demanda de tránsito:

$$P_f = P_0(1 + T_c)^n$$

Dónde:

P_f : tránsito final.

P_0 : tránsito inicial (año base).

T_c : tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

n : año a estimarse.

(*) La proyección debe también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos índices de crecimiento correspondientes a la región que normalmente cuenta con datos estadísticos de estas tendencias.

SECCIÓN 204

Velocidad de diseño

204.01 Definición

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazo, debe ser tal, que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

El proyectista, para garantizar la consistencia de la velocidad, debe identificar a lo largo de la ruta, tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas, se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, denominada Velocidad de Diseño del tramo homogéneo, es la base para la definición de las características de los elementos geométricos, incluidos en dicho tramo. Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño, se debe atender a los siguientes criterios:

1) La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño dada, debe ser de tres (3.0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4.0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).

2) La diferencia de la Velocidad de Diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h).

No obstante lo anterior, si debido a un marcado cambio en el tipo de terreno en un corto sector de la ruta, es necesario establecer un tramo con longitud menor a la especificada, la diferencia de su Velocidad de Diseño con la de los tramos adyacentes no deberá ser mayor de diez kilómetros por hora (10 km/h).

204.02 Velocidad de diseño del tramo homogéneo

La Velocidad de Diseño está definida en función de la clasificación por demanda u orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se le puede asignar la Velocidad de Diseño en el rango que se indica en la **Tabla 204.01.**

Tabla 204.01
Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

204.03 Velocidad específica de los elementos que integran el trazo en planta y perfil

La velocidad máxima de un vehículo en un momento dado, está en función principalmente, a las restricciones u oportunidades que ofrezca el trazo de la carretera, el estado de la superficie de la calzada, las condiciones climáticas, la intensidad del tráfico y las características del vehículo.

En tal sentido, es necesario dimensionar los elementos geométricos de la carretera, en planta, perfil y sección transversal, en forma tal que pueda ser recorrida con seguridad, a la velocidad máxima asignada a cada uno de dichos elementos geométricos.

La velocidad máxima con que sería abordado cada elemento geométrico, es la Velocidad Específica con la que se debe diseñar. El valor de la Velocidad Específica de un elemento geométrico depende esencialmente de los siguientes parámetros:

- Del valor de la Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo en que se encuentra incluido el elemento. La condición deseable es que a la mayoría de los elementos geométricos que integran el tramo homogéneo se les pueda asignar como Velocidad Específica, el valor de la Velocidad de Diseño del tramo
- De la geometría del trazo inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido en que el vehículo realiza el recorrido.

Para asegurar la mayor homogeneidad posible en la Velocidad Específica de curvas y tangentes, lo que necesariamente se traduce en mayor seguridad para los usuarios, requiere que las Velocidades Específicas de los elementos que integran un tramo

homogéneo sean iguales a la Velocidad de Diseño del tramo o no superen esta velocidad en más de veinte kilómetros por hora.

La secuencia general para la asignación de la Velocidad Específica de los elementos geométricos en planta y perfil es la siguiente:

1) En el proceso de diseño en planta:
   - Partiendo de la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo adoptada, asignar la Velocidad Específica a cada una de las curvas horizontales.
   - Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las curvas horizontales, asignar la velocidad específica a las tangentes horizontales.
2) En el proceso de diseño en perfil:
   - Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las curvas horizontales y a las tangentes horizontales, asignar la Velocidad Específica a las curvas verticales
   - Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las tangentes horizontales, asignar la Velocidad Específica a las tangentes verticales.

204.04 Velocidad específica en las curvas horizontales

Para asignar la Velocidad Específica a las curvas horizontales incluidas en un Tramo homogéneo, se consideran los siguientes parámetros:

- La Velocidad de Diseño del Tramo homogéneo en que se encuentra la curva horizontal.
- El sentido en que el vehículo recorre la carretera.
- La Velocidad Específica asignada a la curva horizontal anterior.
- La longitud del segmento en tangente anterior. Para efectos de éste Manual, se considera segmento en tangente a la distancia horizontal medida entre los puntos medios de las espirales de las curvas al inicio y al final del segmento si éstas son espiralizadas o entre el PT y el PC de las curvas si son circulares.
- La deflexión en la curva analizada.

204.04.01 Criterios para la asignación de la velocidad Específica en las curvas horizontales

La Velocidad Específica de cada una de las curvas horizontales, se debe establecer atendiendo a los siguientes criterios:

1) La Velocidad Específica de una curva horizontal, no puede ser menor que la Velocidad de Diseño del tramo, ni superior a ésta en veinte kilómetros por hora.
2) La Velocidad Específica de una curva horizontal, debe ser asignada teniendo en cuenta la Velocidad Específica de la curva horizontal anterior y la longitud del segmento en tangente anterior.
3) La diferencia entre las Velocidades Específicas de la última curva horizontal de un tramo y la primera del siguiente, están en función de la Velocidad de Diseño de los tramos contiguos y de la longitud del segmento en tangente entre dichas curvas.

   Es necesario enfatizar que para no desvirtuar el valor asignado a la Velocidad de Diseño del Tramo, cada vez que las condiciones topográficas del terreno lo permitan, se debe plantear una propuesta del eje que conduzca, al momento de asignar la Velocidad Específica a las curvas horizontales, a que éstas Velocidades Específicas resulten lo más cercanas posible a la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo.

204.04.02 Velocidad en la tangente horizontal

Para la verificación de la Distancia de visibilidad de adelantamiento, en una tangente horizontal y para la asignación de la Velocidad Específica de una curva vertical, incluida en dicha tangente, es necesario establecer la probable velocidad a la que circularían los

vehículos por ella. En carreteras de una calzada, un vehículo puede ingresar a la tangente saliendo de la curva horizontal localizada en un extremo, que tiene una determinada Velocidad Específica, o saliendo de la curva localizada en el otro extremo, que también tiene su propia Velocidad Específica. Los vehículos van a circular por la tangente a la velocidad a la que salieron de la curva siendo críticos los que entraron a la tangente desde la curva horizontal que presenta la Velocidad Específica mayor. En consecuencia, la Velocidad Específica de la tangente horizontal, debe ser igual a la mayor de las dos Velocidades Específicas de las curvas horizontales extremas.

204.04.03 Velocidad específica de la curva vertical

La Velocidad Específica de la curva vertical, cóncava o convexa, es la máxima velocidad a la que puede ser recorrida en condiciones de seguridad. Con ella se debe elegir su longitud y verificar la Distancia de visibilidad de parada. Si la curva vertical coincide con una curva horizontal, que tiene una Velocidad Específica dada, la Velocidad Específica de la curva vertical debe ser igual a la Velocidad Específica de la curva horizontal. Si la curva vertical está localizada dentro de una tangente horizontal con una Velocidad Específica dada, la Velocidad Específica de la curva vertical debe ser igual a la Velocidad Específica de la tangente horizontal.

204.04.04 Velocidad específica de la tangente vertical

La velocidad específica con la que se diseñen los elementos geométricos en perfil debe coincidir con la velocidad específica asignada a los elementos geométricos en planta. La pendiente máxima que se le puede asignar a una tangente vertical, es la asociada a la velocidad específica de la tangente horizontal coincidente. En consecuencia, la Velocidad Específica de la tangente vertical, es igual a la Velocidad Específica de la tangente horizontal.

204.05 Velocidad de marcha

Denominada también velocidad de crucero, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, la vía y los dispositivos de control. Es una medida de la calidad del servicio que una vía proporciona a los conductores y varía durante el día, principalmente, por la modificación de los volúmenes de tránsito.

Es deseable que la velocidad de marcha de una gran parte de los conductores, sea inferior a la velocidad de diseño. La experiencia indica que la desviación de este objetivo es más evidente y problemática en las curvas horizontales más favorables. En particular, en las curvas con bajas velocidades de diseño (en relación a las expectativas del conductor) se suele conducir a velocidades mayores lo que implica menores condiciones de seguridad. Por tanto, es importante que la velocidad de diseño utilizada para la configuración de la curva horizontal sea un reflejo conservador de la velocidad que se espera de la instalación construida.

El promedio de la velocidad de marcha en una carretera determinada varía durante el día, dependiendo sobre todo del volumen de tránsito. Por tanto, cuando se hace referencia a una velocidad de marcha, se deberá indicar claramente si esta velocidad representa las horas de mayor demanda, fuera de las horas de mayor demanda, o un promedio para el día. Las horas de mayor demanda y el resto se utilizan en el proyecto y operación, mientras que la velocidad promedio de funcionamiento durante todo un día se utiliza en los análisis económicos.

El efecto del volumen de tránsito en la velocidad de marcha promedio puede ser determinado de la siguiente manera:

- En las autopistas de primera y segunda clase, la velocidad de marcha es relativamente insensible al volumen de tránsito. Sin embargo, cuando éste se aproxima al máximo de la carretera, la velocidad disminuye sustancialmente.
- En las carreteras de primera, segunda y tercera clase, la velocidad disminuye linealmente con el incremento del tránsito, en el rango existente entre cero y la capacidad de la carretera.

Cuando no se disponga de un estudio de campo bajo las condiciones prevalecientes a analizar, se tomarán como valores teóricos, los comprendidos entre el 85% y el 95% de la velocidad de diseño, tal como se muestran en la **Tabla 204.02**.

Tabla 204.02
Velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño (km)

Velocidad de diseño	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0
Velocidad media de marcha	27.0	36.0	45.0	54.0	63.0	72.0	81.0	90.0	99.0	108.0	117.0
Rangos de velocidad media	25.5 @ 28.5	34.0 @ 38.0	42.5 @ 47.5	51.0 @ 57.0	59.5 @ 66.5	68.0 @ 76.0	76.5 @ 85.5	85.0 @ 95.0	93.5 @ 104.5	102.0 @ 114.0	110.5 @ 123.5

204.06 Velocidad de operación

Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, en función a la velocidad de diseño, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente.

Si el tránsito y las interferencias son bajas, la velocidad de operación del vehículo es del orden de la velocidad de diseño por tramo homogéneo, no debiendo sobrepasar a ésta. A medida que el tránsito crece, la interferencia entre vehículos aumenta, tendiendo a bajar la velocidad de operación del conjunto. Este concepto es básico para evaluar la calidad del servicio que brinda una carretera, así como parámetro de comparación, entre una vía existente con características similares a una vía en proyecto, a fin de seleccionar una velocidad de diseño por tramos homogéneos, lo más acorde con el servicio que se desee brindar.

Un concepto utilizado para la mejor estimación de la velocidad de operación, es el denominado percentil 85 de la velocidad, que consiste en determinar la velocidad bajo la cual circula el 85% de los vehículos. Considerando la velocidad de operación en cada punto del camino, es posible construir un diagrama de velocidad de operación: velocidad de operación – distancia, dónde se podrán apreciar aquellos lugares que puedan comprometer la seguridad en el trazo. El análisis del indicado diagrama, constituye el método más común, para evaluar la consistencia del diseño geométrico. En la **Tabla 204.03** (ecuaciones de Fitzpatrick), se puede apreciar estimaciones para la determinación de velocidades de operación.

Tabla 204.03
Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidades de operación

	Condiciones de alineamiento	Ecuación
1	Curva horizontal sobre pendiente (-9% < i < -4%)	$V_{85} = 102.10 - \frac{3077.13}{R}$
2	Curva horizontal sobre pendiente (-4% < i < 0%)	$V_{85} = 105.98 - \frac{3709.90}{R}$
3	Curva horizontal sobre pendiente (0% < i < 4%)	$V_{85} = 104.82 - \frac{3574.51}{R}$
4	Curva horizontal sobre pendiente (4% < i < 9%)	$V_{85} = 96.61 - \frac{2752.19}{R}$
5	Curva horizontal combinada con curvas cóncavas (sag)	$V_{85} = 105.32 - \frac{3438.19}{R}$
6	Curva horizontal combinada con curvas convexas sin limitación de visibilidad	(Nota 2)
7	Curva horizontal combinada con curvas convexas con limitación de visibilidad (K≤ 43 m / %)	$V_{85} = 103.24 - \frac{3576.51}{R}$; (nota 2)
8	Curva vertical cóncava sobre recta horizontal	V_{85} se asume como la velocidad deseada
9	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad no limitada (K> 43 m / %) sobre recta horizontal	V_{85} se asume como la velocidad deseada
10	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad limitada (K≤ 43 m / %) sobre recta horizontal	$V_{85} = 105.08 - \frac{149.69}{K}$

Notas:

1) Usa la menor velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes).
2) Además, comparar con la velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes) y usar la menor. Esto asegurará que la velocidad estimada a lo largo de curvas combinadas no será mejor que si sólo la curva horizontal está presente. Es decir, la inclusión de una curva convexa con visibilidad limitada resulte en una mayor velocidad.

V_{85} Percentil 85 de velocidad de automóviles (km/h)
R Radio de curva (m)

Teniendo como base los conceptos antes indicados, así como los criterios y parámetros técnicos de diseño establecidos en el presente Manual, en la **Tabla 204.04** se presentan valores de velocidades máximas de operación, en función a la clasificación de la carretera, el tipo de vehículo y las condiciones orográficas.

Tabla 204.04
Valores de velocidades máximas de operación

Clasificación de la carretera		Velocidad máxima de operación (km/h)		
		Vehículos ligeros	Vehículos pesados	
			Buses	Camiones (5)
Autopista 1ra clase	(1)	130	100	90
	(2)	120	90	80
	(3)	100	80	70
	(4)	90	70	60
Autopista 2da clase	(1)	120	90	80
	(2)	120	90	80
	(3)	100	80	70
	(4)	90	70	60
Carretera 1ra clase	(1)	100	90	80
	(2)	100	80	70
	(3)	90	70	60
	(4)	80	60	50

Notas:

1) Orografía plana (1)
2) Orografía ondulada (2)
3) Orografía accidentada (3)
4) Orografía escarpada (4)
5) Para vehículos de transporte de mercancía peligrosa la velocidad máxima de operación es 70 km/h, o la que establezca el Reglamento Nacional de Tránsito, vigente.
6) Las autoridades competentes, podrán fijar velocidades de operación inferiores a las indicadas en la tabla, en función a las particularidades de cada vía.
7) Las autoridades competentes, deben señalizar la máxima velocidad de operación, principalmente al inicio de cada Tramo Homogéneo.
8) Según las particularidades de las carreteras de Segunda Clase y Tercera Clase, las autoridades competentes establecerán las velocidades máximas de operación.

SECCIÓN 205

Distancia de Visibilidad

205.01 Definición

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En los proyectos se consideran tres distancias de visibilidad:

- visibilidad de parada.
- visibilidad de paso o adelantamiento.
- Visibilidad de cruce con otra vía.

Las dos primeras influencian el diseño de la carretera en campo abierto y serán tratadas en esta sección considerando alineamiento recto y rasante de pendiente uniforme. Los casos con condicionamiento asociados a singularidades de planta o perfil se tratarán en las secciones correspondientes.

205.02 Distancia de visibilidad de parada

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

La distancia de parada para pavimentos húmedos, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\mathrm{Dp} = 0.278 * \mathrm{V} * t_p + 0.039\frac{\mathrm{V}^2}{\mathrm{a}}$$

Dónde:

D_p : Distancia de parada (m)
V : Velocidad de diseño (km/h)
t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)
a : deceleración en m/s^2 (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo).

El primer término de la fórmula representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción (d_{tp}) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención (d_f).

El tiempo de reacción de frenado, es el intervalo entre el instante en que el conductor reconoce la existencia de un objeto, o peligro sobre la plataforma, adelante y el instante en que realmente aplica los frenos. Así se define que el tiempo de reacción estaría de 2 a 3 segundos, se recomienda tomar el tiempo de percepción – reacción de 2.5 segundos.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será ≥ a la distancia de visibilidad de parada. La **Tabla 205.01** muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño y en La **Tabla 205.01**-**A** se muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño y pendiente.

Para vías con pendiente superior a 3%, tanto en ascenso como en descenso, se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\mathrm{Dp} = 0.278\mathrm{V}t_p + \frac{\mathrm{V}^2}{254((\frac{a}{9.81}) \pm i)}$$

Dónde:

d : distancia de frenado en metros
V : velocidad de diseño en km/h

a : deceleración en m/s^2 (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo)

i : Pendiente longitudinal (tanto por uno)

+i : Subidas respecto al sentido de circulación

-i : Bajadas respecto al sentido de circulación.

Se considera obstáculo aquél de una altura ≥ a 0.15 m, con relación a los ojos de un conductor que está a 1.07 m sobre la rasante de circulación.

Si en una sección de la vía no es posible lograr la distancia mínima de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de diseño, se deberá señalizar dicho sector con la velocidad máxima admisible, siendo éste un recurso excepcional que debe ser autorizado por la entidad competente.

Asimismo, la pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Ésta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada => a 6% y para velocidades de diseño > a 70 km/h.

Tabla 205.01
Distancia de visibilidad de parada (metros), en pendiente 0%

Velocidad de diseño	Distancia de percepción reacción	Distancia durante el frenado a nivel	Distancia de visibilidad de parada	
(km/h)	(m)	(m)	Calculada (m)	Redondeada (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83.0	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129.0	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	93.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Nota: La distancia de reacción de frenado calculado en tiempo 2.5 segundos, velocidad de desaceleración de 3.4 m/s^2., de acuerdo a lo indicado en el capítulo 3 de AASHTO.

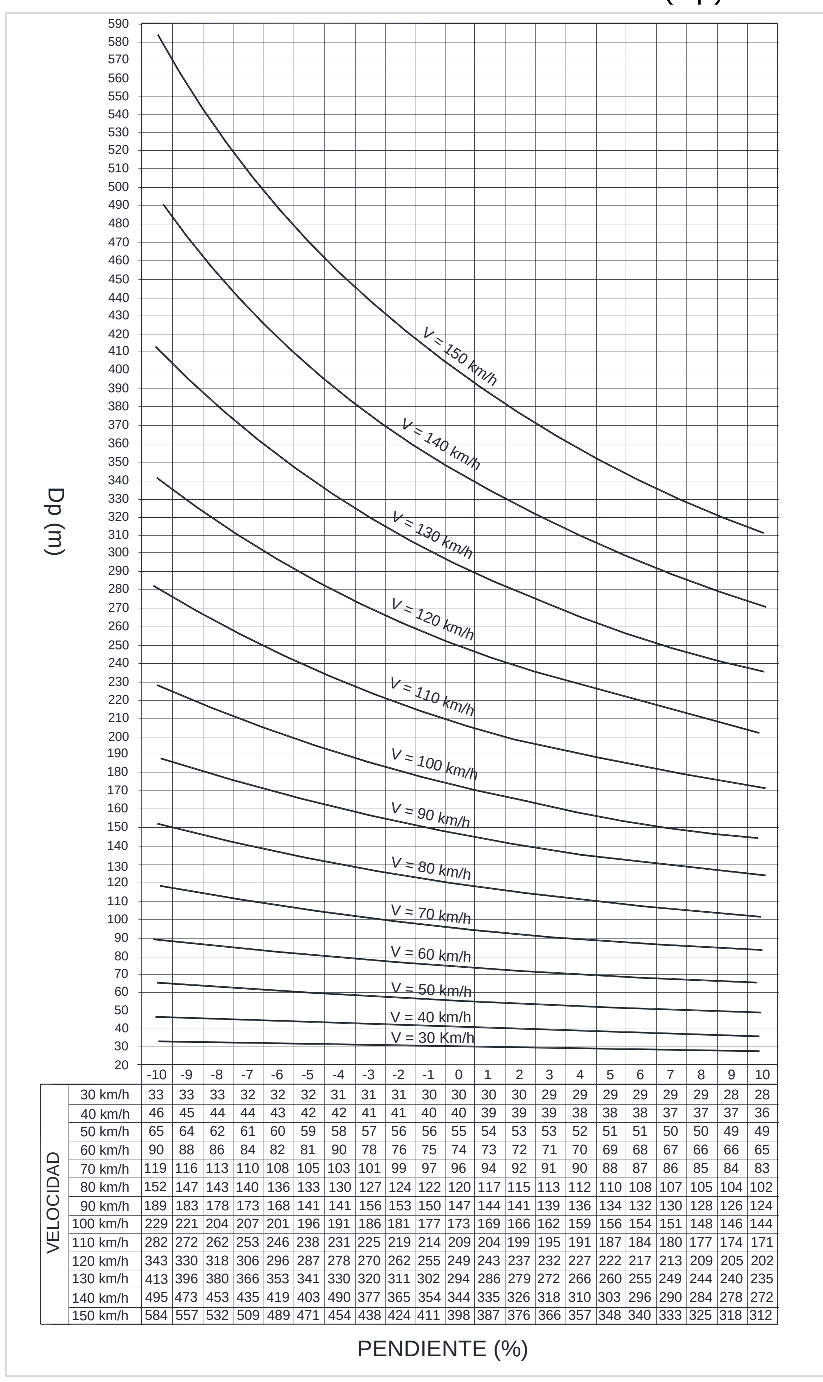
Tabla 205.01 -A

Distancia de visibilidad de parada con pendiente (metros)

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	283	293	304	234	223	214
130	310	338	375	267	252	238

La distancia de visibilidad de parada también podrá determinarse de la **Figura 205.01**

Figura 205.01
Distancia de visibilidad de parada



VELOCIDAD	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30 km/h	33	33	33	32	32	32	31	31	31	30	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	28
40 km/h	46	45	44	44	43	42	42	41	41	40	40	39	39	39	38	38	38	37	37	37	36
50 km/h	65	64	62	61	60	59	58	57	56	56	55	54	53	53	52	51	51	50	50	49	49
60 km/h	90	88	86	84	82	81	90	78	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	66	65
70 km/h	119	116	113	110	108	105	103	101	99	97	96	94	92	91	90	88	87	86	85	84	83
80 km/h	152	147	143	140	136	133	130	127	124	122	120	117	115	113	112	110	108	107	105	104	102
90 km/h	189	183	178	173	168	141	141	156	153	150	147	144	141	139	136	134	132	130	128	126	124
100 km/h	229	221	204	207	201	196	191	186	181	177	173	169	166	162	159	156	154	151	148	146	144
110 km/h	282	272	262	253	246	238	231	225	219	214	209	204	199	195	191	187	184	180	177	174	171
120 km/h	343	330	318	306	296	287	278	270	262	255	249	243	237	232	227	222	217	213	209	205	202
130 km/h	413	396	380	366	353	341	330	320	311	302	294	286	279	272	266	260	255	249	244	240	235
140 km/h	495	473	453	435	419	403	490	377	365	354	344	335	326	318	310	303	296	290	284	278	272
150 km/h	584	557	532	509	489	471	454	438	424	411	398	387	376	366	357	348	340	333	325	318	312

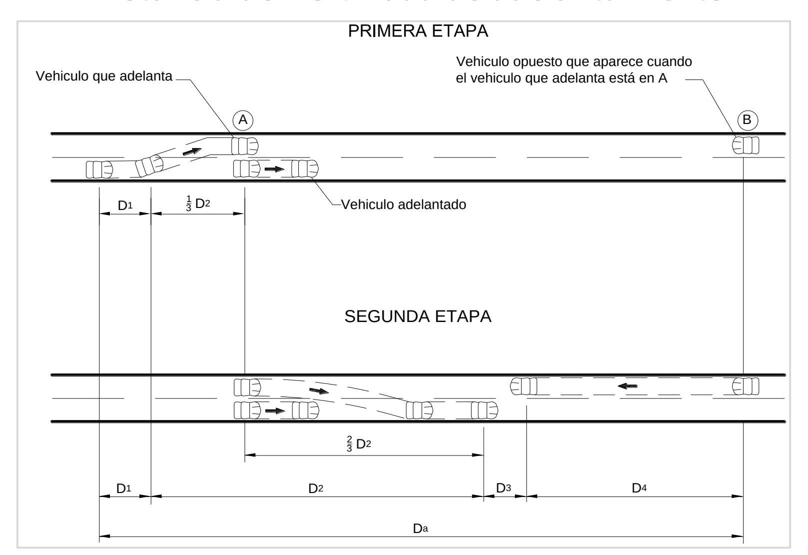
PENDIENTE (%)

205.03 Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento

Es la mínima que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Dichas condiciones de comodidad y seguridad, se dan cuando la diferencia de velocidad entre los vehículos que se desplazan en el mismo sentido es de 15 km/h y el vehículo que viaja en sentido contrario transita a la velocidad de diseño.

La distancia de visibilidad de adelantamiento debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, dónde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto.

Figura 205.02
Distancia de visibilidad de adelantamiento



La distancia de visibilidad de adelantamiento, de acuerdo con la **Figura 205.02**, se determina como la suma de cuatro distancias, así:

$$\mathbf{D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4}$$

Dónde:

- D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros.
- D_1 : Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros
- D_2 : Distancia recorrida por el vehículo que adelante durante el tiempo desde que invade el carril de sentido contrario hasta que regresa a sus carril, en metros.
- D_3 : Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en sentido contrario, en metros.
- D_4 : Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido contrario (estimada en 2/3 de D_2), en metros.

Se utilizarán como guías para el cálculo de la distancia de visibilidad de adelantamiento la **Figura 205.02** y los valores indicados en el Manual AASHTO – 2004 que se presentan en la **Tabla 205.02** para cuatro (4) rangos de Velocidad Específica de la tangente.

Por seguridad, la maniobra de adelantamiento se calcula con la velocidad específica de la tangente en la que se efectúa la maniobra.

$$D_1 = 0.278\, t_1 \left(V - m + \frac{a\ t_1}{2}\right)$$

Dónde:

- t_1 : Tiempo de maniobra, en segundos.
- V : Velocidad del vehículo que adelante, en km/h.
- a : Promedio de aceleración que el vehículo necesita para iniciar el adelantamiento, en km/h.
- m : Diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado, igual a 15 km/h en todos los casos.

El valor de las anteriores variables se indica en la **Tabla 205.02** expresado para rangos de velocidades de 50-65, 66-80, 81-95 y 96-110 km/h. En la misma **Tabla 205.02** se presentan los ejemplos de cálculo para ilustrar el procedimiento.

$$D_2 = 0.278\ V\ \ t_2$$

Dónde:

- V : Velocidad del vehículo que adelanta, en km/h.
- t_2 : Tiempo empleado por el vehículo en realizar la maniobra para volver a su carril en segundos.

El valor de t_2 se indica en la **Tabla 205.02**

$$D_3 = Distancia\ variable\ entre\ 30\ y\ 90\ m$$

El valor de esta distancia de seguridad (D_3) para cada rango de velocidades se indica en la **Tabla 205.02**

$$D_4 = \frac{2}{3} D_2$$

Tabla 205.02
Elementos que conforman la distancia de adelantamiento y ejemplos de cálculo

COMPONENTE DE LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO	RANGO DE VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V(km/h)			
	56.2[1]	70[1]	84.5[1]	99.8[1]
Maniobra inicial:				
a: Promedio de aceleración (Km/h/s)	2.25	2.3	2.37	2.41
t_1: Tiempo (s)	3.6	4	4.3	4.5
d_1: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	45	66	89	113
Ocupación del carril contrario:				
t_2: Tiempo (s)	9.3	10	10.7	11.3
d_2: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	145	195	251	314
Distancia de seguridad:				
d_3: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	30	55	75	90
Vehículos en sentido opuesto:				
d_4: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	97	130	168	209
$D_a = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$	317	446	583	726

[1] Valores típicos para efectos del ejemplo de cálculo de las distancias d_1, d_2, d_3, d_4 y D_a.

En la **Tabla 205.03** se presentan los valores mínimos recomendados para la distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, calculados con los anteriores criterios para carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación.

Tabla 205.03
Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO D_A (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Se debe procurar obtener la máxima longitud posible en que la visibilidad de paso o adelantamiento sea superior a la mínima de la tabla anterior. Por tanto, como norma de diseño, se debe proyectar, para carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación, tramos con distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, de manera que en tramos de cinco kilómetros, se tengan varios subtramos de distancia mayor a la mínima especificada, de acuerdo a la velocidad del elemento en que se aplica.

De lo expuesto se deduce que la visibilidad de paso o adelantamiento se requiere sólo en carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación.

Para ordenar la circulación en relación con la maniobra de paso o adelantamiento, se pueden definir:

- Una zona de preaviso, dentro de la que no se debe iniciar un adelantamiento, pero sí, se puede completar uno iniciado con anterioridad.
- Una zona de prohibición propiamente dicha, dentro de lo que no se puede invadir el carril contrario.

En carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación, debido a su repercusión en el nivel de servicio y, sobre todo, en la seguridad de la circulación, se debe tratar de disponer de las máximas longitudes con posibilidad de adelantamiento de vehículos más lentos, siempre que la intensidad de la circulación en el sentido opuesto lo permita. Dichas longitudes quedan definidas en la **Tabla 205.04** de este Manual.

Tanto los tramos en los que se pueda adelantar como aquellos en los que no se pueda deberán ser claramente señalizados.

Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.30 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1.07 m.

Tabla 205.04
Máximas longitudes sin visibilidad de paso o adelantamiento

Categoría de vía	Longitud
Autopistas de primera y segunda clase	1,500 m
Carretera de Primera clase	2,000 m
Carretera de Segunda clase	2,500 m

Las distintas normativas existentes no introducen correcciones a la distancia de adelantamiento por efecto de la pendiente, sin embargo, la capacidad de aceleración es menor que en terreno llano y por ello resulta conveniente considerar un margen de seguridad para pendientes mayores del 6.0%, según se señala a continuación.

En pendientes mayores del 6.0% usar distancia de visibilidad de adelantamiento correspondiente a una velocidad de diseño de 10 km/h superior a la del camino en estudio.

Si la velocidad de diseño es 100 km/h, considerar en estos casos una distancia de visibilidad de adelantamiento ≥650 m.

Es decir, se adopta para esas situaciones, como valor mínimo de distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, el correspondiente a una velocidad de diseño de 10 km/h superior a la del camino en estudio. Si en la zona que se analiza, no se dan las condiciones para adelantar requeridas por la distancia de visibilidad de paso o adelantamiento corregida por pendiente, el proyectista considerará la posibilidad de reducir las características del elemento vertical que limita el paso o adelantamiento, a fin de hacer evidente que no se dispone de visibilidad para esta maniobra, quedando ello señalizado. En todo caso, dicho elemento vertical siempre deberá asegurar la distancia de visibilidad de parada.

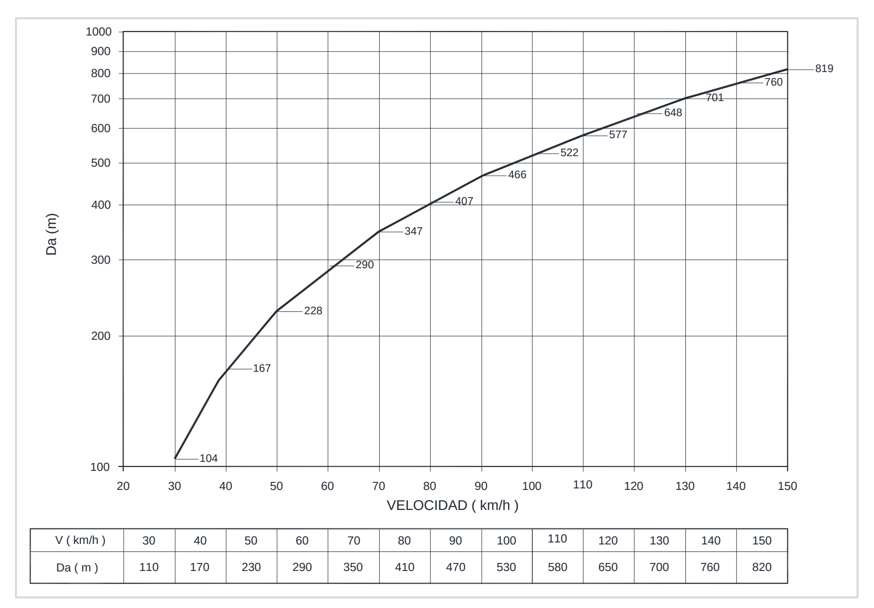
Los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, deberán distribuirse lo más homogéneamente posible a lo largo del trazado. En un tramo de carretera de longitud superior a 5 km, emplazado en una topografía dada, se procurará que los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, respecto del largo total del tramo, se mantengan dentro de los porcentajes que se indican.

Tabla 205.05
Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada

Condiciones orográficas	% mínimo	% deseable
Terreno plano Tipo 1	50	> 70
Terreno ondulado Tipo 2	33	> 50
Terreno accidentado Tipo 3	25	> 35
Terreno escarpado Tipo 4	15	> 25

La distancia de visibilidad de paso también podrá determinarse de la **Figura 205.03**

Figura 205.03
Distancia de visibilidad de paso (Da)



V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Da (m)	110	170	230	290	350	410	470	530	580	650	700	760	820

205.04 Distancia de visibilidad de cruce

La presencia de intersecciones a nivel, hace que potencialmente se puedan presentar una diversidad de conflictos entre los vehículos que circulan por una y otra vía. La posibilidad de que estos conflictos ocurran, puede ser reducida mediante la provisión apropiada de distancias de visibilidad de cruce y de dispositivos de control acordes.

El conductor de un vehículo que se aproxima por la vía principal a una intersección a nivel, debe tener visibilidad, libre de obstrucciones, de la intersección y de un tramo de la vía secundaria de suficiente longitud que le permita reaccionar y efectuar las maniobras necesarias para evitar una colisión.

La distancia mínima de visibilidad de cruce considerada como segura, bajo ciertos supuestos sobre las condiciones físicas de la intersección y del comportamiento del conductor, está relacionada con la velocidad de los vehículos y las distancias recorridas durante el tiempo percepción - reacción y el correspondiente de frenado.

Por lo antes indicado, en las intersecciones a nivel deberá existir visibilidad continua a lo largo de las vías que se cruzan, incluyendo sus esquinas, que les permita a los conductores que simultáneamente se aproximan, verse mutuamente con anticipación y así evitar colisiones. Ante una situación de éstas, el conductor que circula por la vía secundaria deberá tener la posibilidad de disminuir la velocidad y parar en la intersección con la vía principal.

Las relaciones entre el espacio, el tiempo y la velocidad, definen el triángulo de visibilidad requerido, libre de obstrucciones, o el establecimiento de las modificaciones necesarias en la velocidad de aproximación a los accesos cuando se usa un triángulo de visibilidad de dimensiones menores a la requerida. El triángulo de visibilidad en la aproximación a los accesos de una intersección se muestra en la **Figura 205.04.** Por tanto, cualquier objeto ubicado dentro del triángulo de visibilidad, lo suficientemente alto, que se constituya en una obstrucción a la visibilidad lateral, deberá ser removido.

Por otra parte, después de que un vehículo se ha detenido en el acceso de una intersección por la presencia de una señal de "PARE", su conductor deberá tener la suficiente distancia de visibilidad para realizar una maniobra segura a través del área de la intersección, ya sea para cruzar de frente la vía principal o para girar a la derecha o izquierda.



Simultáneamente se deberá proveer la suficiente distancia de visibilidad a los conductores que viajan sobre la vía principal, la cual deberá ser al menos igual a la distancia que recorre el vehículo sobre la vía principal durante el tiempo que le toma al vehículo de la vía secundaria realizar su maniobra de cruce o giro.

La **Figura 205.04**, muestra el triángulo de visibilidad requerido bajo esta condición.

La distancia de visibilidad para una maniobra de cruce de la vía principal por un vehículo detenido en la vía secundaria, está basada en el tiempo que le toma a este vehículo en transponer la intersección, y la distancia que recorre un vehículo sobre la vía principal a la velocidad de diseño durante el mismo tiempo.

La distancia mínima de visibilidad de cruce necesaria a lo largo de la vía principal se debe calcular mediante la siguiente fórmula:

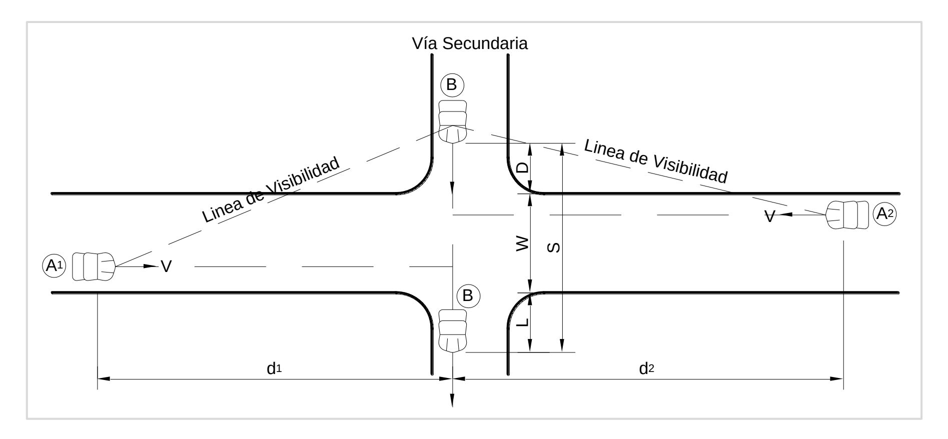
$$d = 0.278\ V_e\ (t_1 + t_2)$$

Dónde:

- d : Distancia mínima de visibilidad lateral requerida a lo largo de la vía principal, medida desde la intersección, en metros. Corresponde a las distancias d_1 y d_2 de la **Figura 205.04**
- V_e : Velocidad Específica de la vía principal, en km/h. Corresponde a la Velocidad específica del elemento de la vía principal inmediatamente antes del sitio de cruce.
- t_1 : Tiempo de percepción – reacción del conductor que cruza, adoptado en dos y medio segundos (2.5 s).
- t_2 : Tiempo requerido para acelerar y recorrer la distancia S, cruzando la vía principal, en segundos.

Figura 205.04

Distancia de visibilidad en intersecciones. Triángulo mínimo de visibilidad



En el tiempo t_1 está incluido aquel necesario para que el conductor de un vehículo detenido por el "PARE" sobre la vía secundaria vea en ambas direcciones sobre la vía principal y deduzca si dispone del intervalo suficiente para cruzarla con seguridad.

El tiempo t_2 necesario para recorrer la distancia S depende de la aceleración de cada vehículo. La distancia S se calcula como la suma de:

$$S = D + W + L$$

Dónde:

- D : Distancia entre el vehículo parado y la orilla de la vía principal, adoptada como tres metros (3 m).
- W : Ancho de la vía principal, en metros.
- L : Longitud total del vehículo, en metros.

Por tanto, el valor de t_2, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2(D + W + L)}{9.8\,a}}$$

Dónde:

D : Tres metros (3 m).

W : Ancho de la vía principal, en metros.

L : Depende del tipo de vehículo, así:

- 20.50 m para vehículos articulados (tracto camión con semirremolque).
- 12.30 m para camión de dos ejes
- 5.80 m para vehículos livianos

a : Aceleración del vehículo que realiza la maniobra de cruce, en m/s^2.

- 0.055 para vehículos articulados.
- 0.075 para camiones de dos ejes (2).
- 0.150 para vehículos livianos.

En la **Tabla 205.06** se presentan las distancias mínimas de visibilidad, requeridas para cruzar con seguridad la intersección en ángulo recto de una vía principal de 7.20 m de ancho de superficie de rodadura, partiendo desde la posición de reposo en la vía secundaria ante una señal de "PARE", para diferentes tipos de vehículos.

Tabla 205.06
Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una vía con ancho 7.20 m, con dispositivo de control en la vía secundaria

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA VÍA PRINCIPAL km/h	DISTANCIA A LO LARGO DE LA VÍA PRINCIPAL A PARTIR DE LA INTERSECCIÓN d_1, d_2		
	TIPO DE VEHÍCULO QUE REALIZA EL CRUCE		
	LIVIANO L=5.80m	CAMIÓN DE DOS EJES L=12.30 m	TRACTO CAMIÓN DE TRES EJES CON SEMIREMOLQUE DE DOS EJES L= 20.50 m
40	80	112	147
50	100	141	184
60	120	169	221
70	140	197	158
80	160	225	259
90	180	253	332
100	200	281	369
110	219	316	403
120	239	344	440
130	259	373	475

SECCIÓN 206
Control de accesos

206.01 Generalidades

Se define por control de accesos a la acción por la cual se limita totalmente o parcialmente. El ingreso a una carretera, a los ocupantes de las propiedades adyacentes o de las personas en tránsito.

Las principales ventajas del control de accesos, es la preservación del nivel del servicio proyectado y mejorar la seguridad vial.

La principal diferencia operacional o funcional, entre una calle o carretera con control parcial de accesos, es el grado de interferencia con el tránsito directo por parte de otros vehículos o peatones que entran, salen o cruzan la carretera.

Con control de accesos, las entradas y las salidas están ubicadas en los puntos adecuados, para un mejor ordenamiento del tránsito y del uso del terreno adyacente, diseñándose para que los vehículos puedan entrar o salir de la vía con seguridad y generando una mínima interferencia con el tránsito directo.

206.02 Accesos directos

Cuando una autopista cruce un área urbana, la frecuencia media de cada acceso directo no deberá sobrepasar 1,000 m, pudiendo variar esta distancia entre 500 m y 1,500 m. En áreas rurales y suburbanas, el promedio de separación será de 2,500 m, pudiendo fluctuar entre 1,500 y 3,500 m.

En áreas rurales se deberán tener presente los siguientes criterios con respecto al control parcial de acceso:

- Cuando las propiedades tengan acceso a un camino existente, se diseñará para que el acceso a la carretera sólo sea a través de las intersecciones construidas para tal objetivo.
- Si tras la construcción de una carretera quedan aisladas varias propiedades contiguas, se construirá una vía para darles conexión con otra vía existente.

206.03 Caminos laterales o de servicios

Un camino lateral es el que se construye adyacente a una carretera para servir los siguientes objetivos:

- Controlar el acceso a la vía construida, procurando así la seguridad vial y libertad deseada para el tránsito de paso.
- Proveer acceso a la propiedad colindante.
- Mantener la continuidad del sistema local de caminos o calles.
- Evitar recorridos largos, provocados por la construcción de la vía.

206.04 Control de acceso y nuevos trazos

Los alineamientos de las autopistas sobre nuevos trazados o caminos existentes, deben realizarse en lo posible, de modo que las propiedades divididas queden con acceso a la red de vías existentes.

La integración de las vías urbanas ubicadas en los lados adyacentes a la nueva autopista, debe efectuarse por medio de vías laterales que serán previstas en el diseño del proyecto.

206.05 Materialización del control de accesos

Se proyectará, implementará y mantendrá las instalaciones que sean necesarias para el control de accesos en una vía.

SECCIÓN 207
Instalaciones al lado de la carretera

207.01 Generalidades

Las instalaciones al lado de la carretera, son los dispositivos y obras que se generan como consecuencia de las diversas actividades socioeconómicas y que se encuentran ubicadas dentro y fuera del Derecho de Vía, las mismas que deben proyectarse y ubicarse de modo que no afecten la operación y la seguridad vial. En carreteras con control de accesos, deberán considerarse las normas especificadas en la **Sección 206**.

El diseño de estas instalaciones, debe tener en consideración, la ubicación de los accesos, áreas de estacionamiento, edificaciones, abastecimiento de servicios públicos, áreas de mantenimiento y otros de la zona dónde se desarrolla el proyecto; así como, los aspectos de seguridad vial.

Los tipos de instalaciones al lado de la carretera, más comunes son:

- Dentro del Derecho de Vía
  - Estaciones de peaje y pesaje.
  - Centros de control de ITS.
  - Servicios de emergencia (grúa, remolque para vehículos, ambulancia y otros).
  - Instalaciones telefónicas de emergencia - SOS.
  - Puentes peatonales, lugares de descanso y miradores.
  - Puestos de control de la PNP, SUNAT, SENASA y ADUANA.
  - Ciclovias
  - Vía peatonal (a nivel y desnivel)
  - Fibra óptica
- Fuera del Derecho de Vía
  - Estaciones de servicio de combustibles, restaurantes, hospedajes y otros servicios.
  - Paradero de buses.

207.02 Ubicación y frecuencia de las instalaciones

La autoridad competente responsable de otorgar las autorizaciones del uso del Derecho de Vía, determinará la ubicación y frecuencia de las instalaciones laterales, las cuales no deben afectar el buen funcionamiento y seguridad vial de la carretera.

207.03 Condiciones de uso del Derecho de Vía

Las prohibiciones y autorizaciones para la instalación de dispositivos y obras dentro del Derecho de Vía de las carreteras, se rigen por lo establecido en el artículo 37° del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial vigente, que entre otros, está referido a la prohibición de colocación de avisos publicitarios; así como, a las normas y requisitos para otorgar autorizaciones de uso del Derecho de Vía.

207.04 Conexión de las instalaciones laterales con la vía

Todas las instalaciones laterales que se realicen dentro o fuera del Derecho de Vía, estarán conectadas con la vía y deberán construirse de acuerdo a las normas aplicables vigentes y deberán contar con la autorización de la autoridad competente. Según sea el caso, en las autopistas y carreteras de primera clase se incluirán carriles auxiliares de deceleración y aceleración, y demás elementos de diseño necesarios para una conexión segura.

En las conexiones, sólo se permitirá una vía de entrada y una de salida. En las autopistas no se permitirá el cruce del separador central de una calzada a otra.

207.05 Obstrucciones a la visibilidad

Las edificaciones, arborizaciones u otros elementos que formen parte de las instalaciones dentro o fuera del Derecho de Vía, no deberán obstruir o limitar la visibilidad de la carretera.

SECCIÓN 208
Instalaciones fuera del Derecho de Vía

208.01 Generalidades

La carretera como parte del sistema multimodal de transporte, también cumple la función de facilitar el acceso a otras infraestructuras públicas o privadas de servicios, producción, plataformas logísticas en sus diferentes tipos, plataformas de embarque y desembarque de carga y pasajeros, habilitaciones urbanas y otros, las mismas que, a pesar de estar ubicadas fuera del Derecho de Vía de la carretera, por la naturaleza de la actividad que desarrollan, pueden originar externalidades que atenten contra la seguridad y nivel de servicio de la misma.

En estos casos, el diseño de los accesos a la vía principal, deberá cumplir con los estándares y requisitos mínimos establecidos en la normatividad vigente sobre la materia, que incluirá el Estudio de Impacto Vial correspondiente.

208.02 Autorización para la ubicación, diseño y construcción de los accesos

Las autoridades competentes de la gestión de las tres redes viales, que conforman el SINAC, otorgarán las autorizaciones para la ubicación, diseño y construcción de los accesos a las instalaciones fuera del Derecho de Vía de la carretera, para lo cual, los solicitantes presentarán los estudios técnicos correspondientes, acorde a la normatividad vigente sobre la materia, a fin de no afectar el buen funcionamiento y seguridad vial de la carretera.

En lo que corresponde a la Red Vial Nacional, las indicadas autorizaciones, serán otorgadas por Provias Nacional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

208.03 Seguridad vial en las conexiones con la vía principal

Las conexiones de los accesos con la vía principal, deben efectuarse tomando las previsiones establecidas en el Manual de Seguridad Vial, de manera que tanto las vías de entrada como de salida, estén dotadas de los elementos y dispositivos necesarios para un adecuado funcionamiento, tales como: carriles auxiliares de deceleración y aceleración, señalización, dispositivos de seguridad y otros. Para el caso de autopistas no se permitirá el cruce del separador central.

SECCIÓN 209

Facilidades para peatones

209.01 Generalidades

Están referidas a la ejecución de obras complementarias o reposición de las existentes e instalaciones auxiliares, necesarias en el desarrollo de un proyecto carretero, con la finalidad de facilitar el tránsito de los peatones con seguridad vial.

209.02 En zonas urbanas

De acuerdo a la categoría de la carretera materia de un proyecto, se preverán las obras o instalaciones auxiliares necesarias, tales como puentes peatonales, veredas, pasos peatonales a nivel, facilidades especiales para el uso de personas con capacidades reducidas, y otros, las que se ejecutarán de acuerdo a las normas aplicables vigentes y serán debidamente señalizadas, acorde a las normas de seguridad vial.

209.03 En zonas rurales

De acuerdo a la categoría de la carretera materia de un proyecto, en las zonas rurales, se preverán las obras o instalaciones auxiliares necesarias, con la finalidad de facilitar el tránsito peatonal y el desarrollo de actividades en zonas laterales que generen concentración de personas, con seguridad vial. Estas obras pueden ser: puentes peatonales, paraderos, pasos peatonales a nivel, facilidades especiales para el uso de personas discapacitadas, entre otros.

SECCION 210

Valores estéticos y ecológicos

210.01 Generalidades

En el diseño de una carretera se tendrá en cuenta, no sólo su incorporación al paisaje, sino también el aprovechamiento de las bellezas naturales, dichos valores estéticos y ecológicos deberán considerarse conjuntamente con la utilidad, economía, seguridad y demás factores del proyecto. Por tanto, el alineamiento, el perfil y la sección transversal deben guardar armonía con las condiciones del medio, evitando así un quiebre de los factores ecológicos.

210.02 Consideraciones generales

Para lograr los efectos deseados, deberá tenerse en consideración, entre otros aspectos, los que se enumeran a continuación:

- El trazo de la carretera deberá ser tal que el proyecto en ejecución, proteja el medio ambiente y destaquen las bellezas naturales existentes.
- En lo posible, el trazo y el perfil de la carretera deberán acomodarse a las características del terreno, con la finalidad de disminuir el movimiento de tierras.
- Es esencial evitar la destrucción de la vegetación en general.
- Ante la situación de grandes cortes y terraplenes, deberá tenerse presente la posibilidad de diseñar viaductos, túneles o muros.
- Las estructuras deberán ser ubicadas y diseñadas para que, además de prestar su servicio, ofrezcan la mejor estética posible.
- Los taludes, cada vez que sea posible y conveniente, deberán alabearse y tenderse como una manera de disimular las líneas de construcción y permitir el arraigo de la vegetación, de acuerdo a la sección transversal encontrada.
- Las áreas de intersección, deberán proyectarse de tal manera que sus formas se adapten a los contornos naturales.

Sección 211
Capacidad y Niveles de Servicio

Deberá realizarse un análisis de la capacidad de la vía y de los niveles de servicio esperados, según el volumen de demanda y las condiciones reales del proyecto, lo que servirá para evaluar las características y/o restricciones de tránsito, geométricos, ambientales y de calidad del servicio que ofrecerá la vía a los usuarios, con el fin de realizar los ajustes necesarios en los factores y/o parámetros considerados en el diseño geométrico.

Para la ejecución de dicho análisis se presenta a continuación los conceptos generales de capacidad y niveles de servicio, a tener en cuenta para el diseño geométrico.

211.01 Generalidades

La teoría de Capacidad de Carreteras desarrollada por el Transportation Research Board (TRB), a través del Comité de Capacidad de Carreteras y Calidad del Servicio de los Estados Unidos, Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual - HCM vigente), constituye una herramienta para analizar la calidad del servicio que cabe esperar para el conjunto de vehículos que operan en una carretera de características dadas.

A continuación se resumen los principios básicos y se dan algunas tablas elaboradas para ilustrar el concepto de capacidad y nivel de servicio en situaciones particulares. Los valores que aquí se muestran deben ser considerados sólo como indicadores que permiten ilustrar órdenes de magnitud para las condiciones particulares del Perú.

211.02 Tratamiento según tipo de vía

La teoría de Capacidad de Carreteras, da un tratamiento diferente al problema según se trate de:

- Carreteras de dos carriles con tránsito bidireccional: En estos casos se considera que la vía no tiene control de accesos, pero tiene prioridad sobre todas las demás vías que la empalman o cruzan. En caso existan vías de mayor importancia, deberá sectorizarse el camino y analizar por separado los sectores así determinados; posiblemente el punto de cruce pasará a ser un punto crítico.
- Carreteras que cuentan por lo menos con dos carriles adyacentes por calzada para cada sentido de tránsito, sin control de accesos, puede tratarse de una sola calzada sin separación central, o dos calzadas separadas.
- Carreteras de dos o más carriles para tránsito unidireccional por calzada, con control total o parcial de accesos, corresponde al caso de autopistas que cumplan con las condiciones descritas.

211.03 Condiciones ideales o de referencia

A fin de establecer las condiciones que permitan obtener los máximos volúmenes para una cierta calidad del flujo, se definen las condiciones ideales respecto del tránsito y de las características de la vía. Para condiciones que se apartan de las ideales, la metodología define coeficientes de corrección que permiten calcular los volúmenes máximos asociados a una calidad de flujo, bajo las condiciones prevalecientes. Las condiciones ideales o de referencia son:

- Flujo de Tránsito Continuo. Libre de interferencias.
- Flujo de Tránsito Existente. El Método considera solamente vehículos ligeros (automóviles, camionetas), ello implica la aplicación de factores de corrección por la presencia de vehículos pesados, en función a la topografía del terreno.

- Carriles de 3.6 m, con bermas iguales o mayores a 1.8 m libres de obstáculos. Se considera obstáculo cualquier elemento de más de 0.15 m de alto y su influencia será diferente si se trata de obstáculos continuos o aislados.
- El Alineamiento horizontal y vertical, debe tener una "Velocidad Promedio del Camino" (VDC: velocidad de diseño de sus diversos elementos geométricos ponderada por la longitud), igual o mayor a 110 km/h. En carreteras de dos carriles con tránsito bidireccional debe contarse, además, con distancias de visibilidad adecuadas para adelantar, en forma continua, a lo largo de todo el sector en estudio.

En la práctica, la segunda condición es de rara ocurrencia, ya que lo normal es que en el flujo existan camiones (cualquier vehículo de carga con seis o más ruedas) y buses para el transporte público. La presencia de estos vehículos implica un factor de corrección, cuyo valor base está determinado para trazos que se desarrollan por terrenos de topografía plana. Cuando la topografía es en general ondulada o montañosa la metodología requiere efectuar correcciones adicionales.

211.04 Capacidad de la vía

Se define como el número máximo de vehículos por unidad de tiempo, que pueden pasar por una sección de la vía, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito. Normalmente, se expresa como un volumen horario, cuyo valor no debe sobrepasarse a no ser que las condiciones prevalecientes cambien.

Como valores de referencia se cita a continuación la **Tabla 211.01** "Capacidad en condiciones ideales".

Tabla 211.01
Capacidad en condiciones ideales

Sentido de Tránsito	Clase de vía		Capacidad Ideal
Unidireccional	Carretera	2 carriles por sentido	2,200 VL/h/carril
		3 o más carriles por sentido	2,300 VL/h/carril
	Multicarril		2,200 VL/h/carril
Bidireccional	Dos carriles		2,800 VL/h/ambos sentidos

Como puede observarse, la unidireccionalidad del tránsito, que evita tener que compartir los carriles para efectos de adelantamiento, tiene una importancia capital en la capacidad de una carretera. Las cifras mencionadas representan valores medios determinados, mediante procesos de medición directa y son actualmente aceptadas como válidas internacionalmente.

En las carreteras de dos carriles, la capacidad está afectada por el reparto del tránsito por sentidos, siendo el reparto ideal 50/50; en caso que la situación ideal se presente, la capacidad de ambos sentidos quedará reducida como se indica en la **Tabla 211.02**:

Tabla 211.02
Capacidad de carreteras de dos carriles

Reparto por sentidos	Capacidad total (VL/h)	Relación Capacidad/Capacidad ideal
50/50	2,800	1.00
60/40	2,650	0.94
70/30	2,500	0.89
80/20	2,300	0.86
90/10	2,100	0.75
100/0	2,000	0.71

211.05 Niveles de servicio

Acorde a la teoría de Capacidad de Carreteras, cuando el volumen del tránsito es del orden de la capacidad de la carretera, las condiciones de operación son malas, aun cuando el tránsito y el camino presenten características ideales. En efecto, la velocidad de operación considerada fluctúa alrededor de 48 km/h para la totalidad de los usuarios y la continuidad del flujo será inestable, pudiendo en cualquier momento interrumpirse, pasando de un flujo máximo a un flujo cero, durante el período de detención.

Es necesario por tanto, que el volumen de demanda sea menor que la capacidad de la carretera, para que ésta proporcione al usuario un nivel de servicio aceptable. La demanda máxima que permite un cierto nivel o calidad de servicio es lo que se define como Volumen de Servicio.

La metodología desarrollada por el TRB define cuatro Niveles de Servicio (**A**, **B**, **C** y **D**) que permiten condiciones de operación superior a las antes descritas. Cuando la carretera opera a capacidad se habla de Nivel **E** y cuando se tiene flujo forzado se le denomina Nivel **F**.

Cuantitativamente, los Niveles de Servicio se establecen a partir de la Velocidad de Operación que permiten y la densidad (VL/km/carril), para las condiciones prevalecientes en la carretera. Dicho de otro modo, el límite inferior de un Nivel de Servicio queda definido por el volumen máximo que permite alcanzar la velocidad de operación especificada como propia de ese nivel.

Los niveles de servicio abarcan un rango de volúmenes menores que el volumen de servicio, que permiten velocidades de operación mayores que la mínima exigida para cada nivel. Cuando el volumen disminuye y la velocidad de operación aumenta hasta el rango definido para el nivel superior, indica que se ha alcanzado dicho nivel; por el contrario, si el volumen aumenta y la velocidad disminuye, se pasa a las condiciones definidas para el nivel inferior.

Las características principales de operación correspondientes a cada nivel son:

Nivel A: Corresponde a las condiciones de libre flujo vehicular. Las maniobras de conducción no son afectadas por la presencia de otros vehículos y están condicionadas únicamente por las características geométricas de la carretera y las decisiones del conductor. Este nivel de servicio ofrece comodidad física y psicológica al conductor. Las interrupciones menores para circular son fácilmente amortiguadas sin que exijan un cambio en la velocidad de circulación.

Nivel B: Indica condiciones buenas de libre circulación, aunque la presencia de vehículos que van a menor velocidad pueden influir en los que se desplazan más rápido. Las velocidades promedio de viaje son las mismas que en el **nivel A,** pero los conductores tienen menor libertad de maniobra. Las interrupciones menores son todavía fácilmente absorbibles, aunque los deterioros locales del nivel de servicio, pueden ser mayores que en el nivel anterior.

Nivel C: En este nivel, la influencia de la densidad de tráfico en la circulación vehicular determina un ajuste de la velocidad. La capacidad de maniobra y las posibilidades de adelantamiento, se ven reducidas por la presencia de grupos de vehículos. En las carreteras de varios carriles con velocidades de circulación mayores a 80 Km/h, se reducirá el libre flujo sin llegar a la detención total. Las interrupciones menores pueden causar deterioro local en

el nivel de servicio y se formarán colas de vehículos ante cualquier interrupción significativa del tráfico.

Nivel D: La capacidad de maniobra se ve severamente restringida, debido a la congestión del tránsito que puede llegar a la detención. La velocidad de viaje se reduce por el incremento de la densidad vehicular, formándose colas que impiden el adelantamiento a otros vehículos. Solo las interrupciones menores pueden ser absorbibles, sin formación de colas y deterioro del servicio.

Nivel E: La intensidad de la circulación vehicular se encuentra cercana a la capacidad de la carretera. Los vehículos son operados con un mínimo de espacio entre ellos, manteniendo una velocidad de circulación uniforme. Las interrupciones no pueden ser disipadas de inmediato y frecuentemente causan colas, que ocasionan que el nivel de servicio se deteriore hasta llegar al **nivel F**. Para el caso de las carreteras de varios carriles con velocidad de flujo libre entre 70 y 100 km/h, los vehículos desarrollan velocidades menores, que son variables e impredecibles.

Nivel F: En este nivel, el flujo se presenta forzado y de alta congestión, lo que ocurre cuando la intensidad del flujo vehicular (demanda) llega a ser mayor que la capacidad de la carretera. Bajo estas condiciones, se forman colas en las que se experimenta periodos cortos de movimientos seguidos de paradas. Debe notarse que el **nivel F** se emplea para caracterizar tanto el punto de colapso, como las condiciones de operación dentro de la cola vehicular.

Cabe destacar que la descripción cualitativa dada anteriormente, es válida tanto para carreteras de tránsito bidireccional como para las unidireccionales con o sin control de accesos.

CAPITULO III
DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA, PERFIL Y SECCIÓN TRANSVERSAL

SECCIÓN 301
Generalidades

Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

Lo antes indicado, se logra haciendo que el proyecto sea desarrollado con un adecuado valor de velocidad de diseño; y, sobre todo, estableciendo relaciones cómodas entre este valor, la curvatura y el peralte. Se puede considerar entonces que el diseño geométrico propiamente dicho, se inicia cuando se define, dentro de criterios técnico – económicos, la velocidad de diseño para cada tramo homogéneo en estudio.

Existe en consecuencia una interdependencia entre la geometría de la carretera y el movimiento de los vehículos (dinámica del desplazamiento), y entre dicha geometría y la visibilidad y capacidad de reacción, que el conductor tiene al operar un vehículo. Dicho de otra manera, no basta que el movimiento de los vehículos sea dinámicamente posible en condiciones de estabilidad, sino asegurar que el usuario en todos los puntos de la vía, tenga suficiente tiempo para adecuar su conducción a la geometría de ésta, y a las eventualidades que puedan presentarse.

En ese contexto, la presente norma establece los valores mínimos, es decir, las menores exigencias de diseño. Deberán usarse las mejores características geométricas dentro de los límites razonables de economía, haciendo lo posible por superar los valores mínimos indicados, utilizándolos sólo cuando el mayor costo de mejores características sea injustificado o prohibitivo.

Valores mínimos o máximos deseables pueden considerarse aquellos que corresponden a una velocidad de 10 km/h superior a la velocidad de diseño adoptada para la carretera que se esté proyectando.

Así mismo, las presentes normas no serán consideradas inflexibles y podrá hacerse excepciones, diseñando proyectos con características geométricas por debajo de las especificadas, con la condición de obtener previamente la autorización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En los tramos de carreteras que atraviesan zonas urbanas, también puede haber excepciones a la norma, debido a las restricciones de velocidad, condiciones de las rasantes de las calles en las intersecciones, ubicación de las tapas de buzones de las obras de saneamiento y otros.

SECCIÓN 302
Diseño geométrico en planta

302.01 Generalidades

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

En proyectos de carreteras de calzadas separadas, se considerará la posibilidad de trazar las calzadas a distinto nivel o con ejes diferentes, adecuándose a las características del terreno.

La definición del trazo en planta se referirá a un eje, que define un punto en cada sección transversal. En general, salvo en casos suficientemente justificados, se adoptará para la definición del eje:

En autopistas

- El centro del separador central, si éste fuera de ancho constante o con variación de ancho aproximadamente simétrico.
- El borde interior de la vía a proyectar en el caso de duplicaciones.
- El borde interior de cada vía en cualquier otro caso.

En carreteras de vía única

- El centro de la superficie de rodadura.

302.02 Consideraciones de diseño

Algunos aspectos a considerar en el diseño en planta:

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, y en la noche aumenta el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.
- Para las autopistas de primer y segundo nivel, el trazo deberá ser más bien una combinación de curvas de radios amplios y tangentes no extensas.
- En el caso de ángulos de deflexión Δ pequeños, iguales o inferiores a 5º, los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:

  $$L > 30(10 - \Delta), \Delta < 5°$$

  (L en metros; Δ en grados)

  No se usará nunca ángulos de deflexión menores de 59' (minutos).

  La longitud mínima de curva (L) será:

Carretera red nacional	L (m)
Autopistas	6 V
Carreteras de dos carriles	3 V

V = Velocidad de diseño (km/h)

- No se requiere curva horizontal para pequeños ángulos de deflexión, en el siguiente cuadro se muestran los ángulos de inflexión máximos para los cuales no es requerida la curva horizontal.

Velocidad de diseño Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2º 30´
40	2º 15´
50	1º 50´
60	1º 30´
70	1º 20´
80	1º 10´

Para ángulos de deflexión pequeño, las curvas deberán ser lo suficientemente largas para evitar una mala apariencia. Las curvas deberán tener una longitud mínima de 150m para un ángulo central de 5º y la longitud mínima deberá aumentarse 30m por cada grado de disminución del ángulo central. La longitud mínima para curvas horizontales en carreteras principales Lc min, deberá ser del orden de tres veces mayor que la velocidad de diseño expresado en km/h, es decir Lc min =3V.
En infraestructuras para alta velocidad y acceso controlado que cuentan con curvatura abierta, y debido a razones estéticos, la longitud mínima recomendada para curvas deberá ser del orden del doble de la longitud mínima descrita anteriormente, es decir $L_{c\ rec}$ =6V. Es preferible no diseñar longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.

- Al final de las tangentes extensas o tramos con leves curvaturas, o incluso dónde siga inmediatamente un tramo homogéneo con velocidad de diseño inferior, las curvas horizontales que se introduzcan deberán concordar con la precedente, proporcionando una sucesión de curvas con radios gradualmente decrecientes para orientar al conductor. En estos casos, siempre deberá considerarse el establecimiento de señales adecuadas.
- No son deseables dos curvas sucesivas en el mismo sentido cuando entre ellas existe un tramo en tangente. Será preferible sustituir por una curva extensa única o, por lo menos, la tangente intermedia por un arco circular, constituyéndose entonces en curva compuesta. Si no es posible adoptar estas medidas, la tangente intermedia deberá ser superior a 500 m. En el caso de carreteras de tercera clase la tangente podrá ser inferior o bien sustituida por una espiral o una transición en espiral dotada de peralte.
- Las curvas sucesivas en sentidos opuestos, dotadas de curvas de transición, deberán tener sus extremos coincidentes o separados por cortas extensiones en tangente.

  En el caso de curvas opuestas sin espiral, la extensión mínima de la tangente intermedia deberá permitir la transición del peralte.
- En consecuencia, deberá buscarse un trazo en planta homogéneo, en el cual tangentes y curvas se sucedan armónicamente.
- No se utilizarán desarrollos en Autopistas y se tratará de evitar estos en carreteras de Primera clase. Las ramas de los desarrollos tendrán la máxima longitud posible y la máxima pendiente admisible, evitando en lo posible, la superposición de ellas sobre la misma ladera.

302.03 Tramos en tangente

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño, serán las indicadas en la Tabla 302.01.

Tabla 302.01
Longitudes de tramos en tangente

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Dónde:

$L_{mín.s}$: Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).
$L_{mín.o}$: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).
$L_{máx}$: Longitud máxima deseable (m).
V : Velocidad de diseño (km/h)

Las longitudes de tramos en tangente presentada en la Tabla 302.01, están calculadas con las siguientes fórmulas:

$L_{min.s}$: 1.39 V

$L_{min.o}$: 2.78 V

$L_{máx}$: 16.70 V

302.04 Curvas circulares

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

302.04.01 Elementos de la curva circular

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son los siguientes:

P.C. : Punto de inicio de la curva
P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas
P.T. : Punto de tangencia
E : Distancia a externa (m)
M : Distancia de la ordenada media (m)
R : Longitud del radio de la curva (m)
T : Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)
L : Longitud de la curva (m)
L.C : Longitud de la cuerda (m)

Δ : Ángulo de deflexión (º)

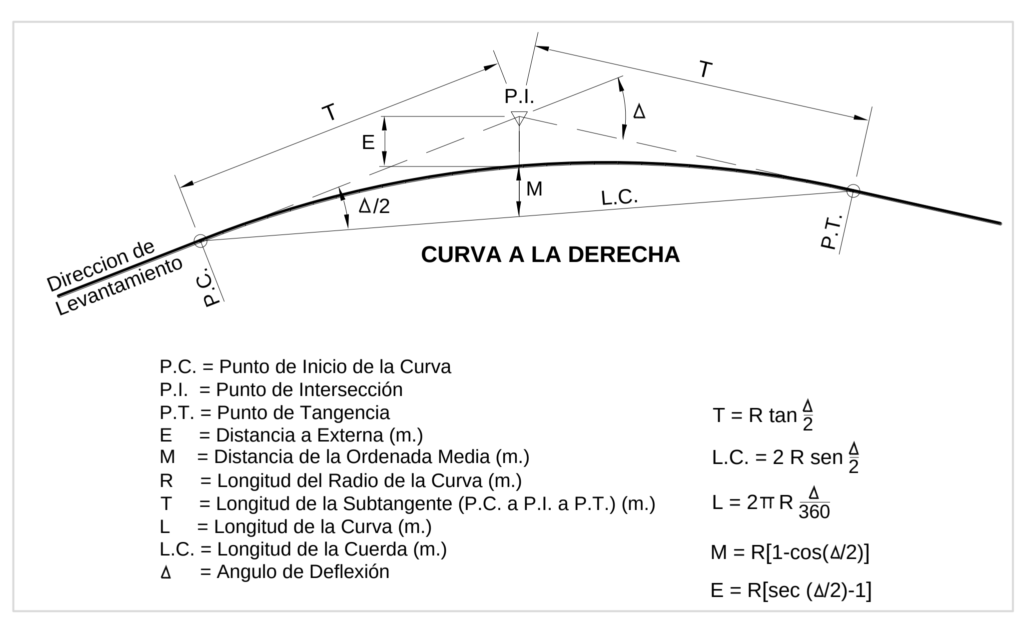
p : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)

Sa : Sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m)

Nota: Las medidas angulares se expresan en grados sexagesimales.

En la **Figura 302.01** se ilustran los indicados elementos y nomenclatura de la curva horizontal circular.

Figura 302.01
Simbología de la curva circular



302.04.02 Radios mínimos

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$Rmín = \frac{V^2}{127\,(Pmáx + ƒmáx.)}$$

Dónde:

Rmín : Radio Mínimo

V : Velocidad de diseño

Pmáx: Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

ƒmáx: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

El resultado de la aplicación de la indicada fórmula se aprecia en la **Tabla 302.02**.

Tabla 302.02
Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	Þ máx. (%)	ƒ máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4.00	0.17	33.7	35
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280.0	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.10	495
	110	4.00	0.11	635.2	635
	120	4.00	0.09	872.2	875
	130	4.00	0.08	1,108.9	1,110
Área rural (con peligro de hielo)	30	6.00	0.17	30.8	30
	40	6.00	0.17	54.8	55
	50	6.00	0.16	89.5	90
	60	6.00	0.15	135.0	135
	70	6.00	0.14	192.9	195
	80	6.00	0.14	252.9	255
	90	6.00	0.13	335.9	335
	100	6.00	0.12	437.4	440
	110	6.00	0.11	560.4	560
	120	6.00	0.09	755.9	755
	130	6.00	0.08	950.5	950
Área rural (plano u ondulada)	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
	130	8.00	0.08	831.7	835
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	255.1	255
	100	12.00	0.12	328.1	330
	110	12.00	0.11	414.2	415
	120	12.00	0.09	539.9	540
	130	12.00	0.08	665.4	665

En general en el trazo en planta de un tramo homogéneo, para una velocidad de diseño, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo; se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones críticas.



302.04.03 Relación del peralte, radio y velocidad específica de diseño

Las Figuras 302.02, 302.03, 302.04 y 302.05, permiten obtener el peralte y el radio, para una curva que se desea proyectar, con una velocidad específica de diseño.

Figura 302.02
Peralte en cruce de áreas urbanas

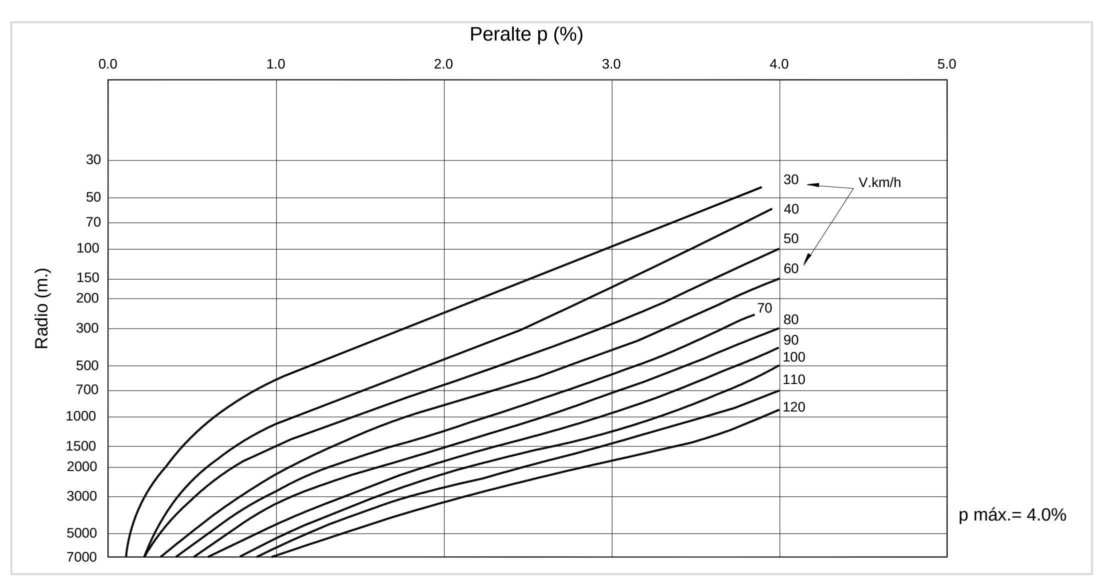


Figura 302.03
Peralte en zona rural (Tipo 1, 2 ó 3)

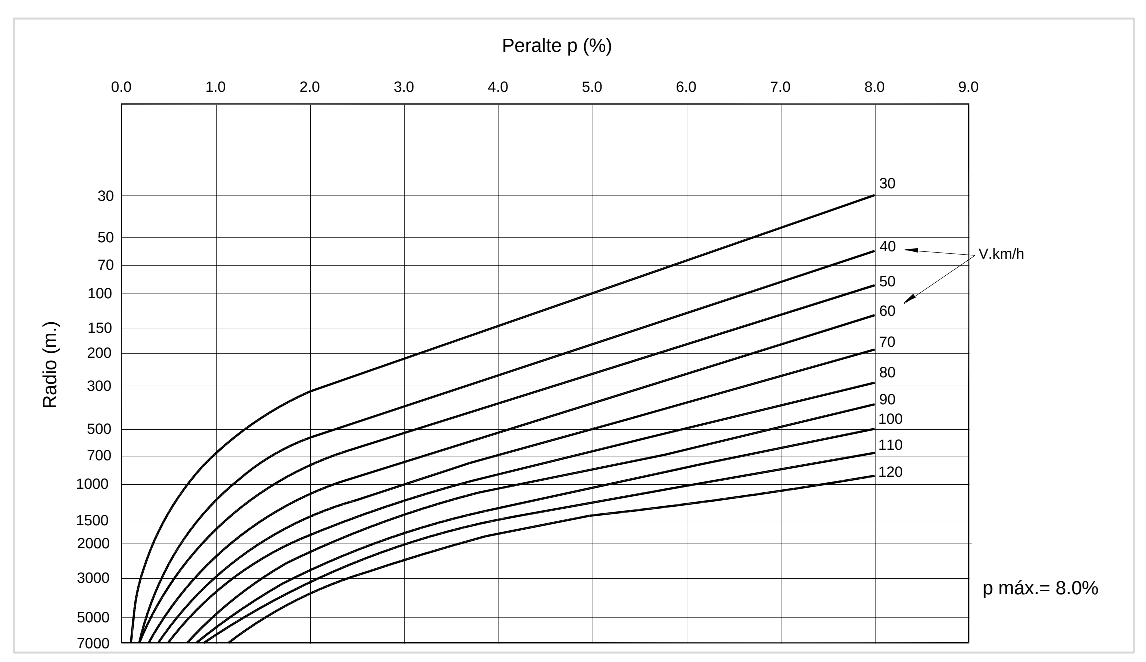


Figura 302.04
Peralte en zona rural (Tipo 3 ó 4)

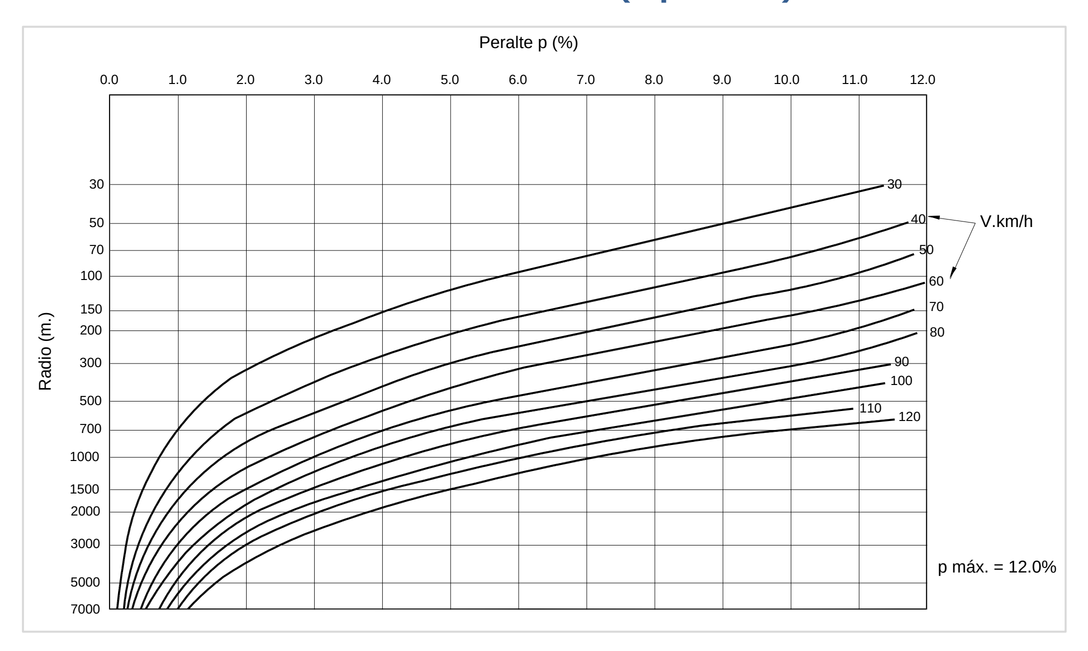
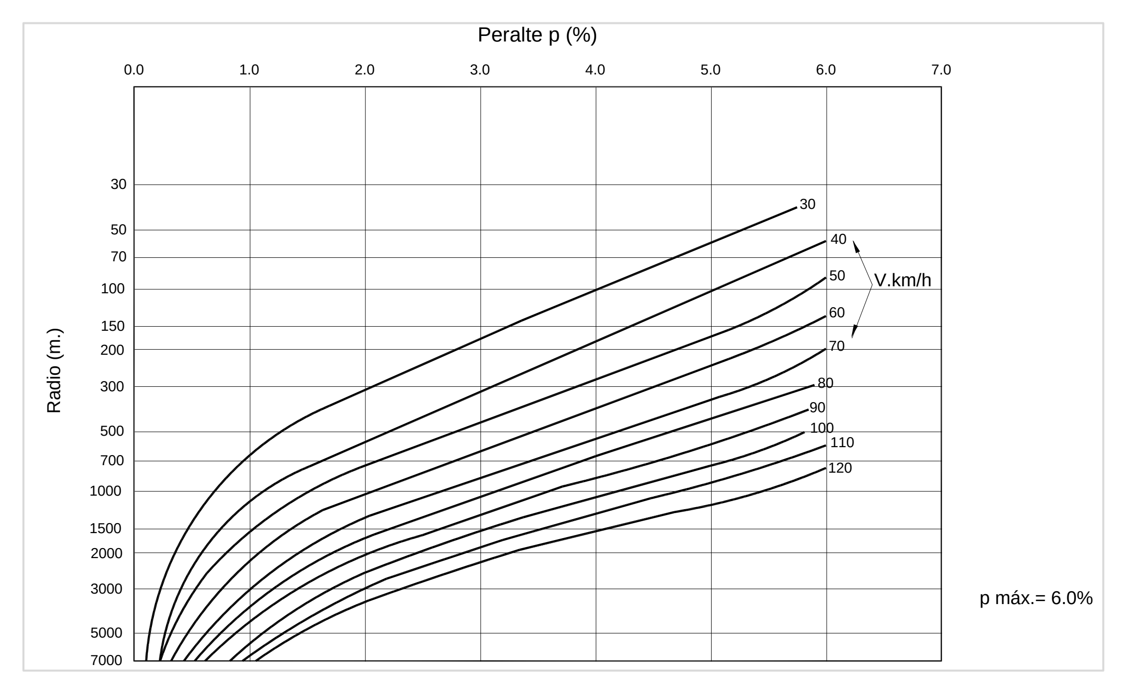


Figura 302.05
Peralte en zonas con peligro de hielo



Para el caso de carreteras de Tercera Clase, aplicando la fórmula que a continuación se indica, se obtienen los valores precisados en las **Tablas 302.03** y **302.04**.

$$R_{mín} = \frac{V^2}{127\ (0.01\ e_{máx} + \ f_{máx})}$$

Dónde:

$R_{mín}$: mínimo radio de curvatura.
$e_{máx}$: valor máximo del peralte.
$f_{máx}$: factor máximo de fricción.
V : velocidad específica de diseño

Tabla 302.03

Fricción transversal máxima en curvas

Velocidad de diseño Km/h	$f_{máx}$
30 (ó menos)	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Tabla 302.04

Valores del radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peraltes máximos y valores límites de fricción.

Velocidad específica Km/h	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{máx}$.	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

302.04.04 Curvas en contraperalte

Sobre ciertos valores del radio, es posible mantener el bombeo normal de la vía, resultando una curva que presenta, en uno o en todos sus carriles, un contraperalte en relación al sentido de giro de la curva. Puede resultar conveniente adoptar esta solución cuando el radio de la curva es igual o mayor que el indicado en la **Tabla 302.05**, en alguna de las siguientes situaciones:

- La pendiente longitudinal es muy baja y la transición de peralte agudizará el problema de drenaje de la vía.

- Se desea evitar el escurrimiento de agua hacia el separador central.
- En zonas de transición dónde existen ramales de salida o entrada asociados a una curva amplia de la carretera, se evita el quiebre de la arista común entre ellas.

El criterio empleado para establecer los radios límites que permiten el uso del contraperalte se basa en:

- Bombeo considerado = -2.5%
- Coeficiente de fricción lateral aceptable ƒ = ƒmáx/2

Por lo tanto:

$$R\ límite\ contraperalte = \frac{V^2}{127\left(\frac{ƒmáx}{2} - 0.025\right)}$$

Para velocidades menores a 80 km/h, el radio mínimo con contraperalte se elevó sustancialmente en prevención de velocidades de operación muy superiores a las de diseño. Para las demás velocidades esta eventualidad está ampliamente cubierta por el factor de seguridad aplicado al factor "ƒmáx".

Tabla 302.05

Radio límites en contraperalte vías pavimentadas

Velocidad (km/h)	60	70	80	90	100	110	120	130
(ƒmáx/2-0.0250)	0.05	0.05	0.045	0.04	0.04	0.035	0.03	0.25
RL Calculado	567	772	1,120	1,560	1,970	2,722	3,780	5,322
RL Adoptado	1,000	1,000	1,200	1,600	2,000	2,800	4,000	5,500

En sectores singulares del trazo, tales como transiciones de dos vías a una vía, o bien, dónde se deba modificar el ancho de la mediana para crear carriles auxiliares de tránsito rápido, situaciones que deberán señalizarse con la debida anticipación y con indicación de la velocidad máxima aceptable, se podrán diseñar curvas en contraperalte, pero en ese caso se respetarán los radios iguales o mayores que los especificados en la **Tabla 302.06**.

Tabla 302.06

Vs	**Radio mínimo en contraperalte**	
Km/h	**P = -2.0%**	**P = -2.5%**
60	550	600
70	750	800
80	1100	1200
90	1500	1600
100	1900	2100
110	2600	3000
120	3500	4100
130	4700	5300

Vs = V señalizada, con Vs mínima = V – 10 km/h

En caminos de velocidad de diseño inferior a 60 km/h o cuya vía no cuente con pavimento, no se usarán contraperaltes.

302.04.05 Coordinación entre curvas circulares

Para todo tipo de carretera, cuando se enlacen curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia, así como mediante tangente de longitud menor o igual a 200 m, la relación de radios de las curvas circulares no sobrepasará los valores obtenidos a partir de las Figuras 302.06 y 302.07, para los siguientes grupos:

- Grupo 1: Autopistas y carreteras de Primera Clase.
- Grupo 2: Carreteras de Segunda y Tercera Clase.

Figura 302.06
Relación de radios - Grupo 1

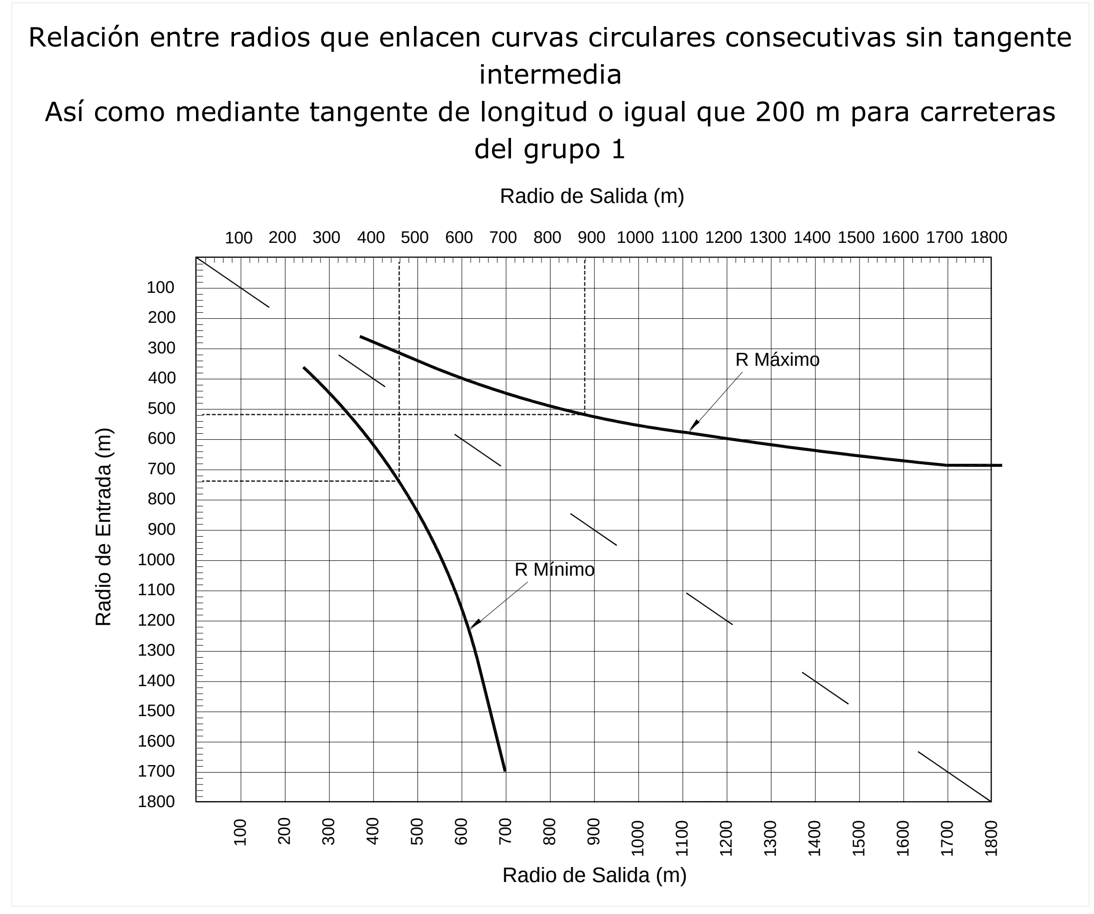
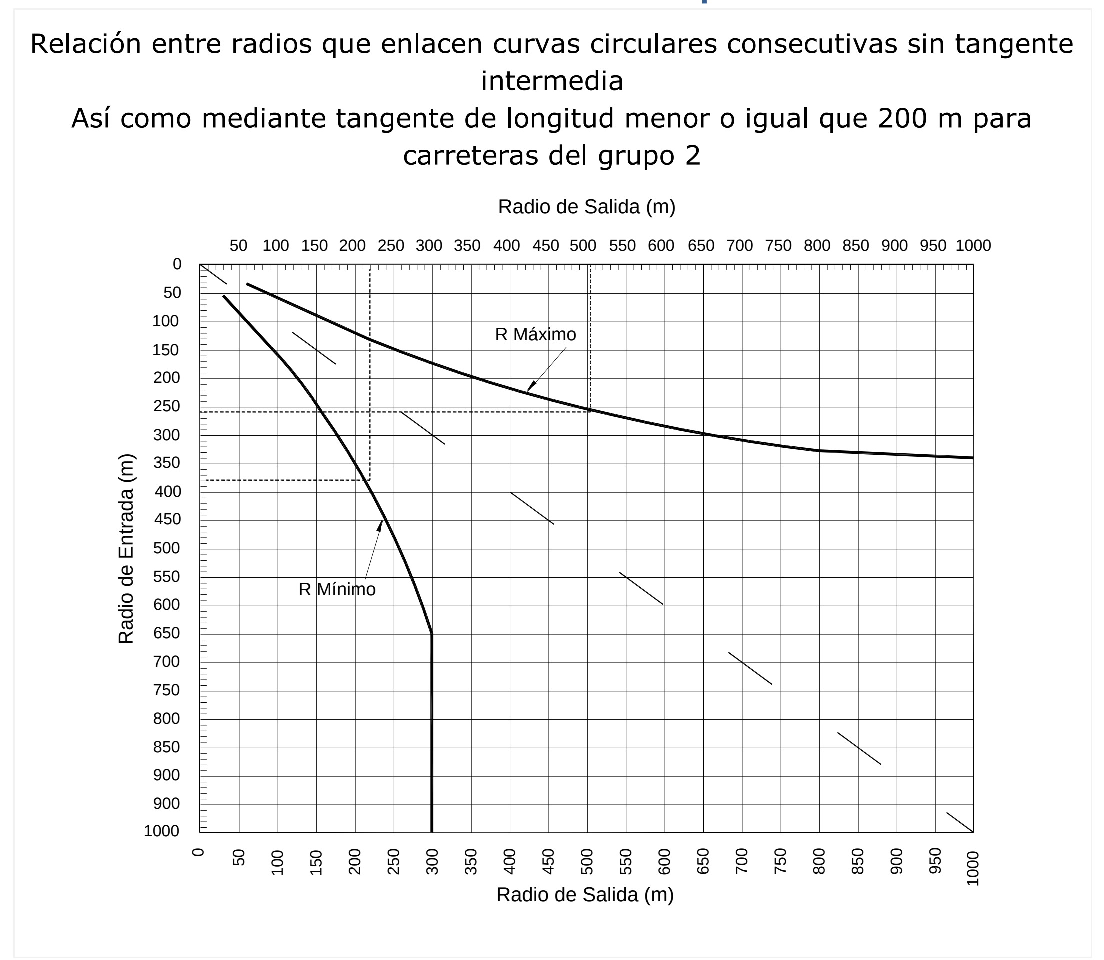


Figura 302.07
Relación de radios - Grupo 2



La relación entre radios consecutivos correspondientes a las figuras que anteceden, se aprecian en las Tablas 302.07 y 302.08:

Tabla 302.07
Relación entre radios consecutivos – grupo 1

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
250	375	250	820	> 1720	495
260	390	250	840	> 1720	503
270	405	250	880	> 1720	510
280	420	250	880	> 1720	517
290	435	250	900	> 1720	524
300	450	250	920	> 1720	531
310	466	250	940	> 1720	537
320	481	250	960	> 1720	544
330	497	250	980	> 1720	550
340	513	250	1000	> 1720	558

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
350	529	250	1020	> 1720	561
360	545	250	1040	> 1720	567
370	562	250	1060	> 1720	572
380	579	253	1080	> 1720	578
390	596	260	1100	> 1720	583
400	614	267	1120	> 1720	588
410	633	273	1140	> 1720	593
420	652	280	1160	> 1720	598
430	671	287	1180	> 1720	602
440	692	293	1200	> 1720	607
450	713	300	1220	> 1720	611
460	735	306	1240	> 1720	616
470	758	313	1260	> 1720	620
480	781	319	1280	> 1720	624
490	806	326	1300	> 1720	628
500	832	332	1320	> 1720	632
510	859	338	1340	> 1720	636
520	887	345	1360	> 1720	640

Tabla 302.07
Relación entre radios consecutivos – grupo 1
(Continuación)

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
530	917	351	1380	> 1720	644
540	948	357	1400	> 1720	648
550	981	363	1420	> 1720	651
560	1015	369	1440	> 1720	655
570	1051	375	1460	> 1720	659
580	1089	381	1480	> 1720	662
590	1128	386	1500	> 1720	666
600	1170	392	1520	> 1720	669
610	1214	398	1540	> 1720	672

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
620	1260	403	1560	> 1720	676
640	1359	414	1580	> 1720	679
660	1468	424	1600	> 1720	682
680	1588	434	1620	> 1720	685
700	1720	444	1640	> 1720	688
720	> 1720	453	1660	> 1720	691
740	> 1720	462	1680	> 1720	694
760	> 1720	471	1700	> 1720	697
780	> 1720	479	1720	> 1720	700
800	> 1720	488		> 1720	

Tabla 302.08
Relación entre radios consecutivos – grupo 2

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
40	60	50	360	> 670	212
50	75	50	370	> 670	216
60	90	50	380	> 670	220
70	105	50	390	> 670	223
80	120	53	400	> 670	227
90	135	60	410	> 670	231
100	151	67	420	> 670	234
110	166	73	430	> 670	238
120	182	80	440	> 670	241
130	198	87	450	> 670	244
140	215	93	460	> 670	247
150	232	100	470	> 670	250
160	250	106	480	> 670	253
170	269	112	490	> 670	256
180	289	119	500	> 670	259
190	309	125	510	> 670	262
200	332	131	520	> 670	265
210	355	137	530	> 670	267
220	381	143	540	> 670	270
230	408	149	550	> 670	273
240	437	154	560	> 670	275
250	469	160	570	> 670	278
260	503	165	580	> 670	280

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
270	540	171	590	> 670	282
280	580	176	600	> 670	285
290	623	181	610	> 670	287
300	670	186	620	> 670	289
310	> 670	190	640	> 670	294
320	> 670	195	660	> 670	298
330	> 670	199	680	> 670	302
340	> 670	204	700	> 670	306
350	> 670	208		> 670	

En autopistas, cuando se enlacen curvas circulares consecutivas con una recta intermedia de longitud superior a cuatrocientos metros (400 m), el radio de la curva circular de salida, en el sentido de la marcha, será igual o mayor que setecientos metros (700 m).

302.05 Curvas de transición

302.05.01 Generalidades

Las curvas de transición, son espirales que tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazo.

Con tal finalidad y a fin de pasar de la sección transversal con bombeo (correspondiente a los tramos en tangente), a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobreancho, es necesario intercalar un elemento de diseño, con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

302.05.02 Tipo de curva de transición

Se adoptará en todos los casos, la clotoide como curva de transición cuyas ventajas son:

- El crecimiento lineal de su curvatura permite una marcha uniforme y cómoda para el usuario, de tal modo que la fuerza centrífuga aumenta o disminuye en la medida que el vehículo ingresa o abandona la curva horizontal, manteniendo inalterada la velocidad y sin abandonar el eje de su carril.
- La aceleración transversal no compensada, propia de una trayectoria en curva, puede controlarse graduando su incremento a una magnitud que no produzca molestia a los ocupantes del vehículo.
- El desarrollo del peralte se logra en forma también progresiva, consiguiendo que la pendiente transversal de la calzada aumente en la medida que aumenta la curvatura.
- La flexibilidad de la clotoide permite acomodarse al terreno sin romper la continuidad, mejorando la armonía y apariencia de la carretera.

La ecuación de la clotoide (Euler) está dada por:

$$R\,L = A^2 \ldots\ldots (*)$$

Dónde:

R : radio de curvatura en un punto cualquiera.
L : Longitud de la curva entre su punto de inflexión ($R = \infty$) y el punto de radio R.
A : Parámetro de la clotoide, característico de la misma.

En el punto de origen, cuando $L = 0$, $R = \infty$, y a su vez, cuando $L = \infty$, $R = 0$

Por otro lado:

$$\text{Radianes (rad)} = \frac{L^2}{2A^2} = 0.5\frac{L}{R}$$

$$\text{Grados centesimales (g)} = 31.831\frac{L}{R}$$

$$1 \text{ rad} = 63.662g$$

302.05.03 Determinación del parámetro para una curva de transición

Para determinar el parámetro mínimo ($A_{mín}$), que corresponde a una clotoide calculada para distribuir la aceleración transversal no compensada, a una tasa ***J*** compatible con la seguridad y comodidad, se emplea la siguiente fórmula.

$$A_{mín} = \sqrt{\frac{VR}{46.656\,J}\left(\frac{V^2}{R} - 1.27p\right)}$$

Dónde:

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio de curvatura (m)

J : Variación uniforme de la aceleración (m/s^3)

P : Peralte correspondiente a V y R. (%)

Se adoptarán para **J** los valores indicados en la **Tabla 302.09**.

Tabla 302.09
Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo

V (km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	V >120
J (m/s^3)	0.5	0.4	0.4	0.4
Jmáx (m/s^3)	0.7	0.8	0.5	0.4

Nota: Sólo se utilizarán los valores de Jmáx en casos debidamente justificados.

302.05.04 Determinación de la longitud de la curva de transición

Los valores mínimos de longitud de la curva de transición se determinan con la siguiente fórmula:

$$L_{mín} = \frac{V}{46.656\,j}\left[\frac{V^2}{R} - 1.27p\right]$$

Dónde:

V : (km/h)

R : (m)

J : m / s^3

p : %

En la **Tabla 302.10**, se muestran algunos valores mínimos de longitudes de transición (L).

Tabla 302.10
Longitud mínima de curva de transición

Velocidad Km/h	Radio mín. m	J m/s^3	Peralte máx. %	$A_{mín.}$ m^2	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada m
30	24	0.5	12	26	28	30
30	26	0.5	10	27	28	30
30	28	0.5	8	28	28	30
30	31	0.5	6	29	27	30
30	34	0.5	4	31	28	30
30	37	0.5	2	32	28	30
40	43	0.5	12	40	37	40
40	47	0.5	10	41	36	40
40	50	0.5	8	43	37	40
40	55	0.5	6	45	37	40
40	60	0.5	4	47	37	40
40	66	0.5	2	50	38	40
50	70	0.5	12	55	43	45
50	76	0.5	10	57	43	45
50	82	0.5	8	60	44	45
50	89	0.5	6	62	43	45
50	98	0.5	4	66	44	45
50	109	0.5	2	69	44	45
60	105	0.5	12	72	49	50
60	113	0.5	10	75	50	50
60	123	0.5	8	78	49	50
60	135	0.5	6	81	49	50
60	149	0.5	4	86	50	50
60	167	0.5	2	90	49	50
70	148	0.5	12	89	54	55
70	161	0.5	10	93	54	55
70	175	0.5	8	97	54	55
70	193	0.5	6	101	53	55
70	214	0.5	4	107	54	55
70	241	0.5	2	113	53	55
80	194	0.4	12	121	75	75
80	210	0.4	10	126	76	75
80	229	0.4	8	132	76	75
80	252	0.4	6	139	77	75
80	280	0.4	4	146	76	75
80	314	0.4	2	155	76	75
90	255	0.4	12	143	80	80
90	277	0.4	10	149	80	80
90	304	0.4	8	155	79	80
90	336	0.4	6	163	79	80
90	375	0.4	4	173	80	80
90	425	0.4	2	184	80	80

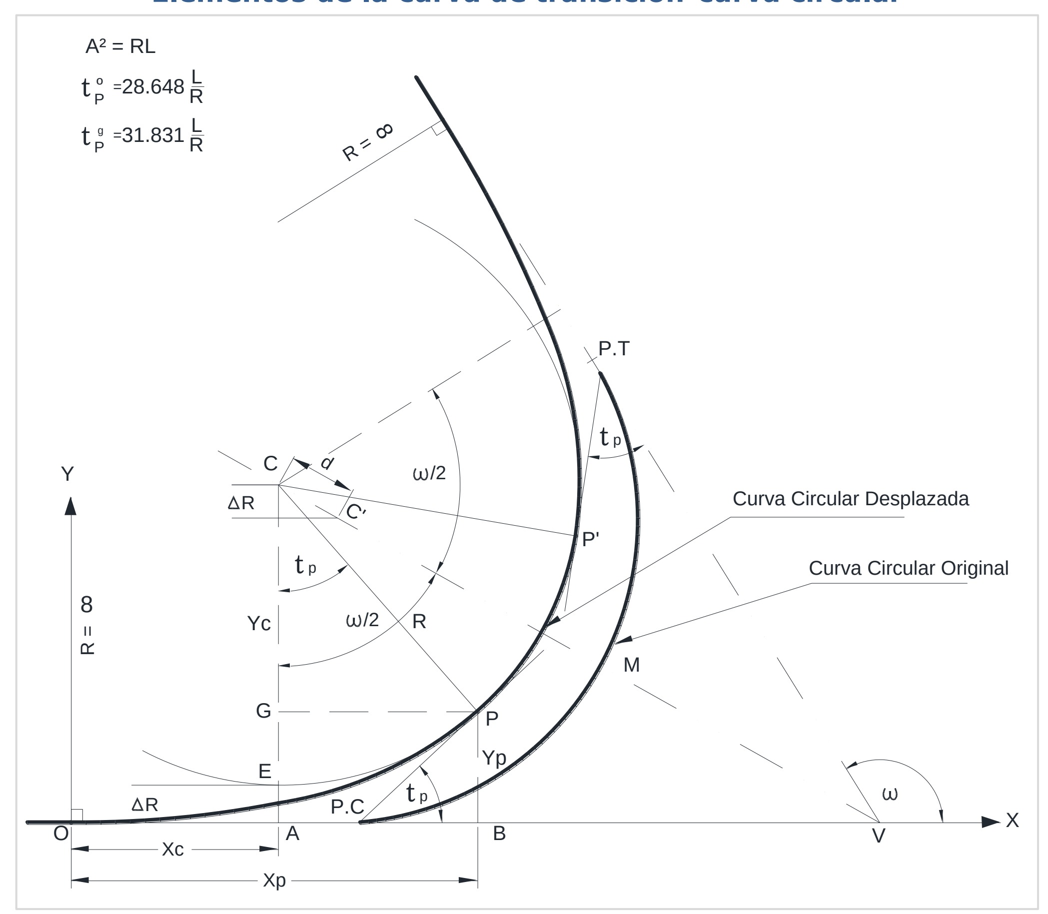
Velocidad Km/h	Radio mín. m	J m/s^3	Peralte máx. %	A mín. m^2	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada m
100	328	0.4	12	164	82	85
100	358	0.4	10	171	82	85
100	394	0.4	8	179	81	85
100	437	0.4	6	189	82	82
100	492	0.4	4	200	81	85
100	582	0.4	2	214	81	85
110	414	0.4	12	185	83	90
110	454	0.4	10	193	82	90
110	501	0.4	8	203	82	90
110	560	0.4	6	215	83	90
110	635	0.4	4	229	83	90
110	733	0.4	2	246	83	90
120	540	0.4	12	169	73	75
120	597	0.4	10	209	73	75
120	667	0.4	8	221	73	75
120	756	0.4	6	236	74	75
120	872	0.4	4	253	73	75
120	1031	0.4	2	275	73	75
130	700	0.4	12	208	62	65
130	783	0.4	10	220	62	65
130	887	0.4	8	234	62	65
130	1024	0.4	6	252	62	65
130	1210	0.4	4	274	62	65
130	1479	0.4	2	303	62	65

Nota: En ningún caso se adoptarán longitudes de transición menores a 30 m.

302.05.05 Elementos y características de la curva de transición

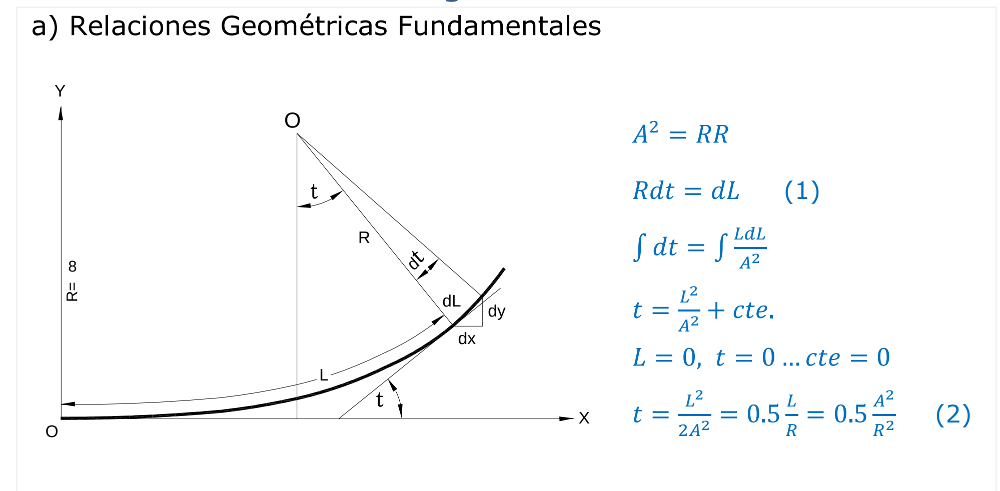
Las **Figuras 302.08** y **302.09**, ilustran los elementos y las características generales de la curva de transición:

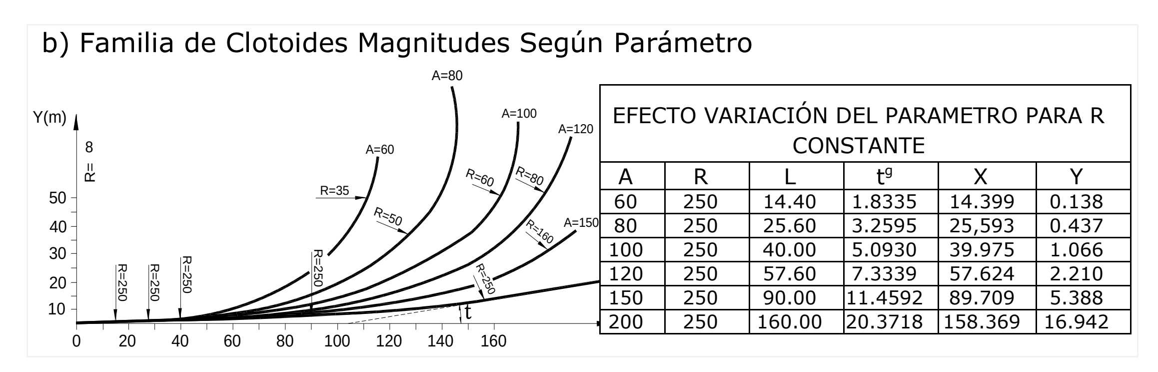
Figura 302.08
Elementos de la curva de transición-curva circular



	$CE = CP = C'M = R$
Desplazamiento :	$\Delta R = EA = (PB - GE)$
	$\Delta R = Yp - R(1 - \cos t_p)$
Desplazamiento Centro :	$d = CC' = \frac{\Delta R}{\cos \frac{\omega}{2}}$
Origen Curva Enlace :	$OV = Xp + AV - AB$
	$OV = Xp + (R + \Delta R) \tan \frac{\omega}{2} - R \, sen \, t_p$
Coordenada de c :	$Xc = Xp - R \, sen \, t_p$
	$Yc = Yp + R \cos t_p = R + \Delta R$
Desarrollo Circular :	$PP' = \frac{R(\omega - 2t_p)}{57.296}$ (°) $PP' = \frac{R(\omega - 2t_p)}{63.662}$ (ᵍ)

Figura 302.09
Características generales de la clotoide





EFECTO VARIACIÓN DEL PARAMETRO PARA R CONSTANTE					
A	R	L	t^g	X	Y
60	250	14.40	1.8335	14.399	0.138
80	250	25.60	3.2595	25,593	0.437
100	250	40.00	5.0930	39.975	1.066
120	250	57.60	7.3339	57.624	2.210
150	250	90.00	11.4592	89.709	5.388
200	250	160.00	20.3718	158.369	16.942

Dónde:

- R (m) : Radio de la curva circular que se desea enlazar
- d (m) : Desplazamiento del centro de la curva circular original (C), a lo largo de la bisectriz del ángulo interior formado por las alineaciones, hasta (C), nueva posición del centro de la curva circular desplazada.
- ΔR (m) : Desplazamiento de la curva circular enlazada, medido sobre la normal a la alineación considerada, que pasa por el centro de la circunferencia desplazada de radio R.
- Xp; Yp (m) : Coordenada de "P", punto de tangencia de la clotoide con la curva circular enlazada, en que ambos poseen un radio común R; referidas a la alineación considerada y a la normal a ésta en el punto "O", que define el origen de la clotoide y al que corresponde radio infinito.
- Xc; Yc (m) : Coordenada del centro de la curva circular desplazada, referidas al sistema anteriormente descrito.
- tp : Ángulo comprendido entre la alineación considerada y la tangente en el punto P común a ambas curvas. Mide la desviación máxima la clotoide respecto a la alineación.
- w : Deflexión angular entre las alineaciones consideradas.
- OV (m) : Distancia desde el vértice al origen de la clotoide, medida a lo largo de la alineación considerada.
- Dc : Desarrollo de la curva circular, desplazada entre los puntos PP".

a. Ecuaciones cartesianas

De la **Figura 302.09**:

$$dx = dL\cos(dt) \quad dy = dL\,\mathrm{sen}(dt)$$

A su vez:

$$R = dL/dt \text{ y } t = L/2R$$

Mediante algunos reemplazos:

$$dL = \frac{Adt}{\sqrt{2t}}$$

Sustituyendo en dx; dy se llega a las integrales de Fresnel:

$$X = \frac{A}{\sqrt{2}} \int \frac{\cos t}{\sqrt{t}} dt \qquad Y = \frac{A}{\sqrt{2}} \int \frac{\text{sen}\, t}{\sqrt{t}} dt$$

Quedando en definitiva X e Y expresados como desarrollos en serie

$$X = A\sqrt{2t}\left[t - \frac{t^2}{10} + \frac{t^4}{216} - \frac{t^6}{9360} + \cdots\cdots\cdots\right]$$

$$Y = A\sqrt{2t}\left[\frac{t}{3} - \frac{t^3}{42} + \frac{t^5}{1320} - \frac{t^7}{75800} + \cdots\cdots\cdots\right]$$

Los valores de X e Y se obtienen de tablas o mediante programas de computación.
Para los valores menores de $t < 0.5$ radianes (28.648°), se recomienda evaluar los tres primeros términos de las series.

b. Expresiones Aproximadas

Dado que las expresiones cartesianas de la clotoide son desarrollos en serie en función de t, para ángulos pequeños es posible despreciar a partir del segundo término de la serie y obtener expresiones muy simples que sirven para efectuar tanteos preliminares en la resolución de algunos casos en que se desea combinar clotoides entre sí, clotoides entre dos curvas circulares. Los cálculos definitivos deberán efectuarse, sin embargo, mediante las expresiones exactas.

De las ecuaciones cartesianas para X e Y se observa que:

$$A\sqrt{2t} = L$$

(Relación paramétrica exacta)

Despreciando a partir del segundo término de la serie:

$$X \cong L \qquad Y = \frac{Lt}{3} = \frac{L^2}{6R}$$

El desplazamiento ΔR puede también expresarse en forma exacta como un desarrollo en serie:

$$\Delta R = \left[\frac{L^2}{24R} - \frac{L^4}{2688R^3} + \frac{L^6}{50688R^5} - \cdots\right]$$

Si se desprecia a partir del segundo término, se tiene:

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R}$$

Combinando las ecuaciones aproximadas para ΔR e Y se tiene:

$$Y = 4\Delta R$$

Finalmente las coordenadas aproximadas del centro de la curva desplazada serán:

$$X_c = \frac{L}{2} = tR \qquad Y_c = R + \Delta R = R\,\frac{L^2}{24R}$$

302.05.06 Parámetros mínimos y deseables

La longitud de la curva de transición deberá superar la necesaria para cumplir las limitaciones que se indican a continuación.

- Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal.

El criterio empleado para relacionar el parámetro de una clotoide, con la función que ella debe cumplir en la curva de transición en carreteras, se basa en el cálculo del desarrollo requerido por la clotoide para distribuir a una tasa uniforme J(m/s³), la aceleración transversal no compensada por el peralte, generalmente en la curva circular que se desea enlazar, según la fórmula siguiente:

$$R = \frac{V^2}{12.96\ g(p_{max}+f_{min})} \qquad gf = \frac{V^2}{12.96\ R} - gp \qquad (**)$$

Dónde:

gf : representa la aceleración transversal no compensada que se desea distribuir uniformemente a lo largo del desarrollo de la clotoide.

J : es definida como la tasa de crecimiento de aceleración transversal, por unidad de tiempo, para un vehículo circulando a la velocidad de proyecto.

- Limitación de la variación por estética y guiado óptico.

  Para que la presencia de una curva de transición resulte fácilmente perceptible por el conductor, se deberá cumplir que:

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

  La condición A > R / 3 corresponde al parámetro mínimo que asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva de transición. Ello implica utilizar un valor $t_{mín} > 3.5g$

  La condición A < R asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva circular.

  El cumplimiento de estas condiciones se debe verificar para toda velocidad de proyecto.

- Por Condición de desarrollo del peralte.

  Para curvas circulares diseñadas de acuerdo al criterio de las normas, el límite para prescindir de curva de transición puede también expresarse en función del peralte de la curva:

  Si R requiere p>3%. Se debe usar curva de transición.

  Si R requiere p<3%. Se puede prescindir de la curva de transición para V<100km/h.

  Si R requiere p<2.5%. Se puede prescindir de la curva de transición para V≥110km/h.

  En el caso de carreteras de tercera clase y cuando se use curva de transición, la longitud de la espiral no será menor que $L_{mín}$ ni mayor que $L_{máx}$, según las siguientes fórmulas:

$$L_{mín} = 0.0178\ \frac{V^3}{R} \qquad L_{máx.} = (24R)^{0.5}$$

Dónde:

R : Radio de la curvatura circular horizontal.

$L_{mín}$: Longitud mínima de la curva de transición.

$L_{máx}$: Longitud máxima de la curva de transición en metros.

V : Velocidad específica en km/h.

- Valores Máximos

  La longitud máxima de cada curva de transición, no será superior a 1.5 veces su longitud mínima.

302.05.07 Radios que permiten prescindir de la curva de transición

Cuando no existe curva de transición, el desplazamiento instintivo que ejecuta el conductor respecto del eje de su carril disminuye a medida que el radio de la curva circular crece.

Se estima que un desplazamiento menor que 0.1 m, es suficientemente pequeño como para prescindir de la curva de transición que lo evitaría.

Los radios circulares límite calculados, aceptando un Jmáx de 0.4 m/s³ y considerando que al punto inicial de la curva circular se habrá desarrollado sólo un 70% de peralte necesario, son los que se muestran en las **Tablas 302.11 A** y **302.11 B**.

Tabla 302.11 A
Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800

La anterior tabla no significa que para radios superiores a los indicados se deba suprimir la curva de transición.

En el caso de carreteras de Tercera Clase y cuando el radio de las curvas horizontales sea superior al señalado en la **Tabla 302.11 B**, se podrá prescindir de curvas de transición.

Tabla 302. 11 B
Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño Km/h	Radio M
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380
90	480

302.06 Curvas compuestas

302.06.01 Definición

Consisten en dos o más curvas simples de diferente radio, orientadas en la misma dirección, y dispuestas una a continuación de la otra.

En general, se evitará el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazarlas por una sola curva. Esta limitación será especialmente observada en el caso de carreteras de Tercera Clase.

302.06.02 Caso excepcional

En caso excepcional se podrá usar curvas compuestas, aclarando las razones, técnico-económicas u otras, que justifican el empleo de dos curvas continuas de radio diverso.

En el caso de usar una curva compuesta de tres centros denominada policéntrica, deberán respetarse las siguientes condiciones:

- El radio de una de las curvas no será mayor de 1.5 veces el radio de la otra.
- Para armonizar los valores del peralte y sobreancho de cada una de las curvas vecinas, se empleará una transición de peralte determinada acorde a lo establecido en el Tópico 302.08.
- Para una sucesión de curvas de radio decreciente cada curva debe ser de longitud suficiente para permitir una desaceleración gradual.

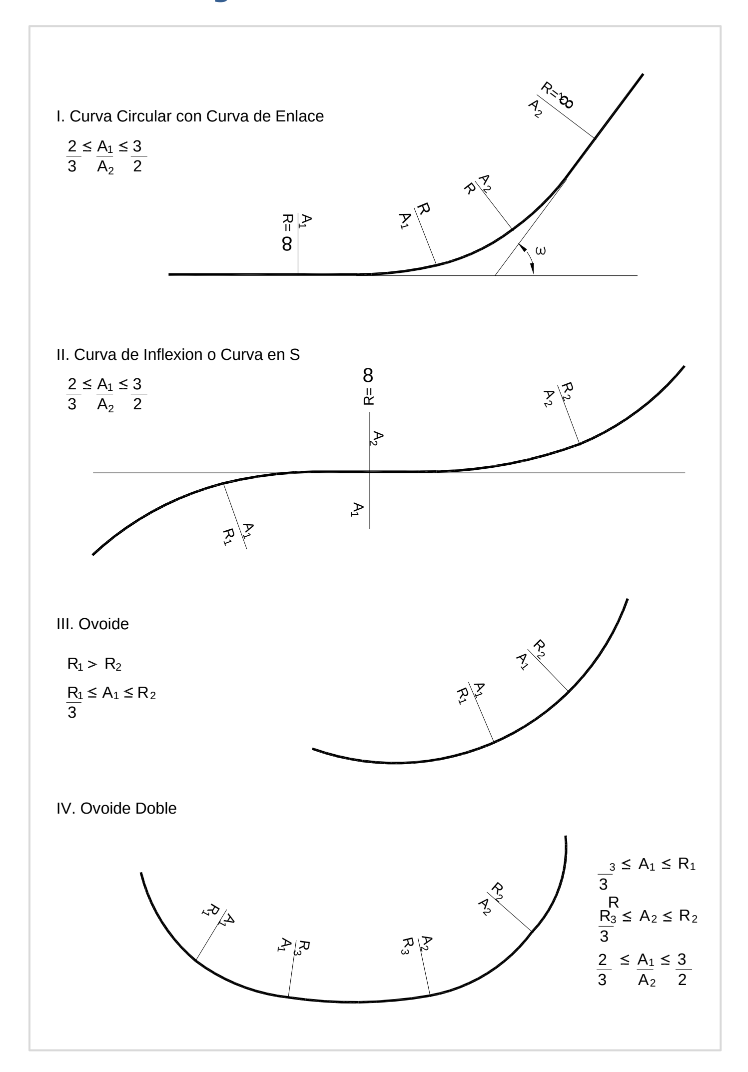
302.06.03 Curvas vecinas del mismo sentido

En general se evitará el empleo de curvas del mismo sentido, cuando estén separadas por un tramo en tangente de una longitud menor a 400 m, en longitudes menores excepcionalmente puede utilizarse una curva policéntrica.

Configuraciones recomendables

La Figura 302.10 incluye configuraciones que ayudan a resolver con seguridad y elegancia situaciones de común ocurrencia en el trazo.

Figura 302.10
Configuraciones recomendables





a) Curva circular con curva de transición.

Los parámetros A_1 y A_2 son normalmente iguales o lo más parecidos posible y no superará el rango señalado en la **figura 302.10 a**. Cuanto más larga sea la recta asociada y más ancha la calzada, mayor debe ser el parámetro, pero siempre A<R
En el caso en que: $w < t_1 + t_2$, no existe solución de transición entre las clotoides correspondientes y el radio circular elegido. En estos casos w corresponde a una deflexión moderada asociada a un radio amplio respecto de la velocidad de diseño, que, generalmente no requiere de curva de transición, en todo caso para encontrar una solución manteniendo la deflexión será necesario aumentar el radio.

b) Curva de inflexión o curva en “S”

Podrá o no existir un tramo en tangente entre las clotoides de parámetros A_1 y A_2, los cuales deberán cumplir con las normas generales respecto de la velocidad de diseño y radio enlazado, pudiendo ser iguales o del mismo orden de magnitud, respetando la relación indicada en la **figura 302.10 b**.

A falta de espacio o dificultad para conseguir una tangencia exacta en el punto de radio infinito, se puede aceptar una leve longitud de traslape de las clotoides, o la generación de un tramo en tangente de ajuste. La longitud de traslape o ajuste no deberá superar:

$$\Delta L_{(m)} = 0.05 \frac{A_1 + A_2}{2}$$

c) Ovoide

Constituye la solución adecuada para enlazar dos curvas circulares del mismo sentido muy próximas entre sí. Para poder aplicar esta configuración es necesario que uno de los círculos sea interior al otro y que no sean concéntricos. Deberán respetarse las relaciones entre parámetros y radio consignados en la **Figura 302.10 c**. La transición de peralte se dará en la clotoide de transición.

d) Ovoide Doble

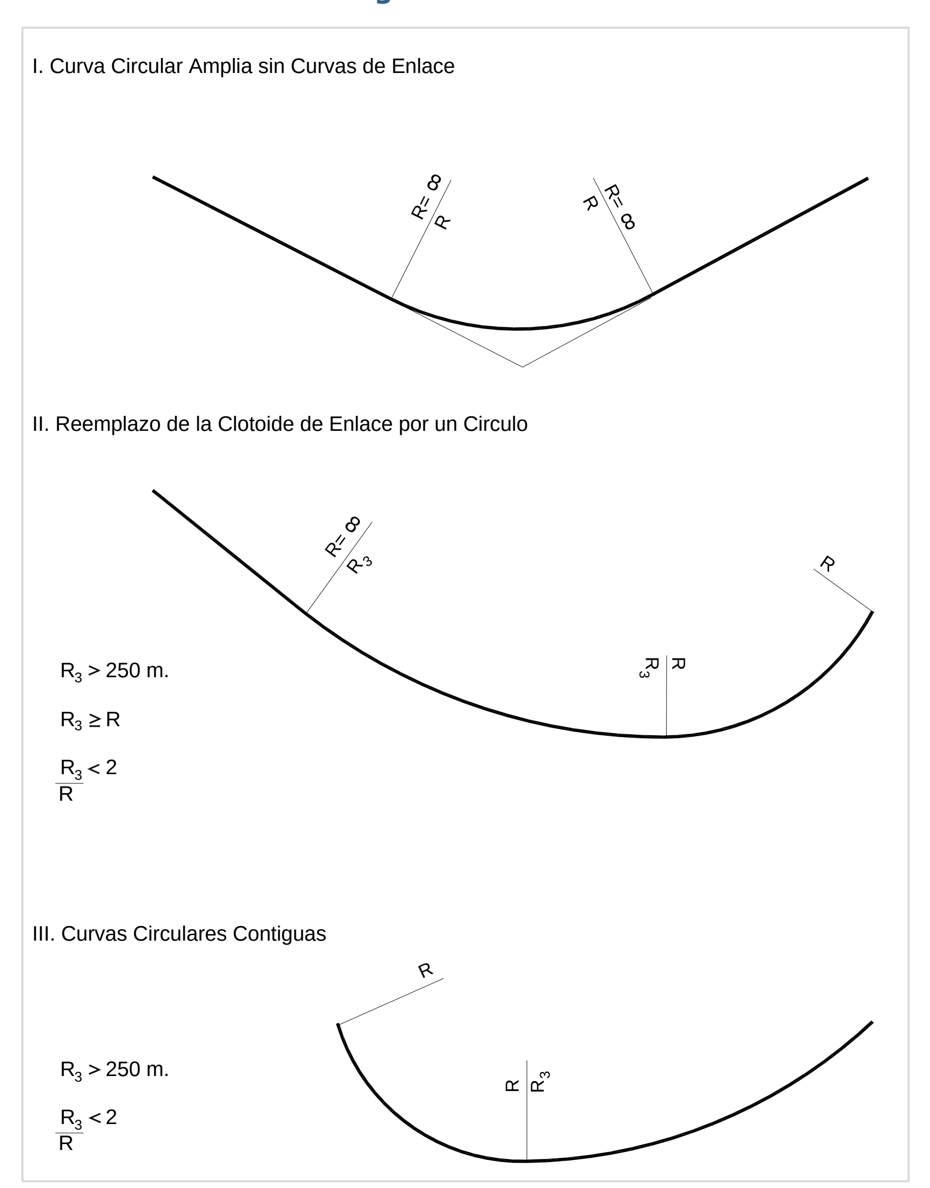
Si las curvas circulares de igual sentido se cortan o son exteriores, deberán recurrir a un círculo auxiliar "R_3", dando origen a un doble ovoide para alcanzar la solución deseada. Las relaciones a observar entre el radio y parámetros se indican en la **Figura 302.10 d**.

Configuraciones límite

Constituyen casos particulares de las soluciones generales antes expuestas y se presentan en la **Figura 302.11**.



Figura 302.11
Configuraciones límite



302.06.04 Configuraciones no recomendables

Las curvas compuestas que se incluyen en la Figura 302.12, deben ser evitadas, ya que en la práctica se ha comprobado, que una carretera presenta zonas donde no existe una clara definición de la curvatura del elemento que se está recorriendo, o bien, los elementos inducen al conductor a maniobras que pueden ser erráticas.

Figura 302.12
Configuraciones no recomendables

I. Clotoide de Vértice sin Arco Circular

En casos inevitables

$A_1 \approx A_2$
$R \geq 1.4$ R minimo

II. Falso Ovoide

III. Curva de Enlace con Clotoides Sucesivas

302.07 Curvas de vuelta

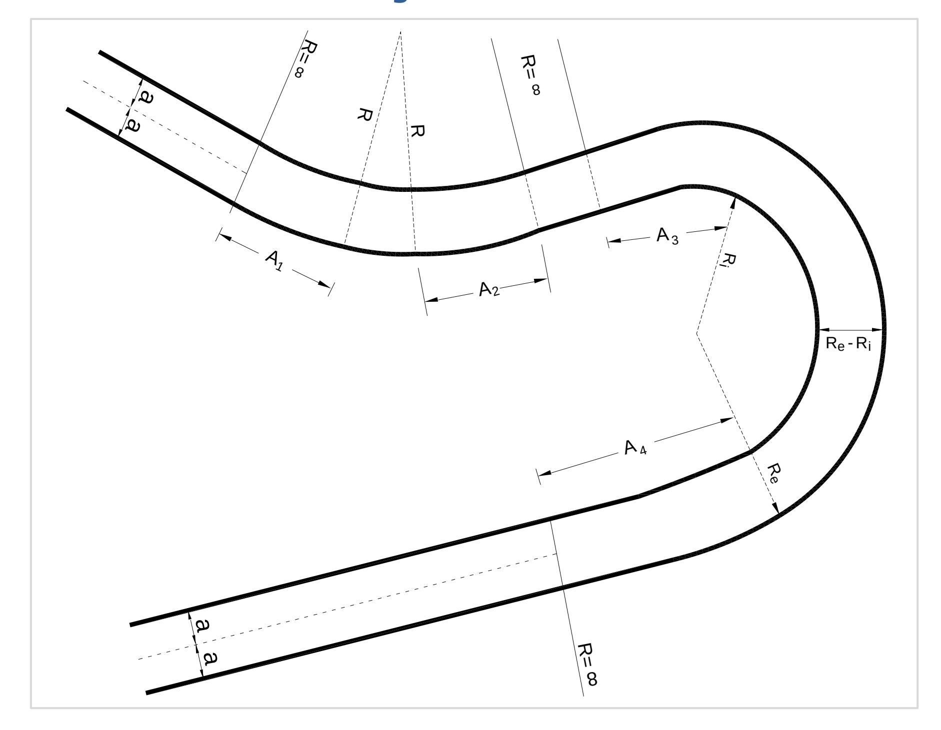
Son aquellas curvas que se proyectan sobre una ladera, en terrenos accidentados, con el propósito de obtener o alcanzar una cota mayor, sin sobrepasar las pendientes máximas, y que no es posible lograr mediante trazos alternativos.

Este tipo de curvas no se emplearán en autopistas, en tanto que en carreteras de Primera Clase podrán utilizarse en casos excepcionales justificados técnica y económicamente, debiendo ser 20 m. el radio interior mínimo.

Por lo general, las ramas pueden ser alineamientos rectos con sólo una curva de enlace intermedia, y según el desarrollo de la curva de vuelta, dichos alineamientos pueden ser paralelas entre sí, divergentes, etc. En tal sentido, la curva de vuelta quedará definida por dos arcos circulares de radio interior "R_i" y radio exterior "R_e".

La Figura 302.13, ilustra un caso en que los alineamientos de entrada y salida de la curva de vuelta, presentan una configuración compleja.

Figura 302.13



La **Tabla 302.12**, contiene los valores posibles para "R_i" y "R_e" según las maniobras de los vehículos tipo que se indican a continuación:

T2S2 : Un camión semirremolque describiendo la curva de retorno. El resto del tránsito espera en la alineación recta.

C2 : Un camión de 2 ejes puede describir la curva simultáneamente con un vehículo ligero (automóvil o similar).

C2 + C2 : Dos camiones de dos ejes pueden describir la curva simultáneamente.

Tabla 302.12

Radio exterior mínimo correspondiente a un radio interior adoptado

Radio interior R_i (m)	Radio Exterior Mínimo R_e (m). según maniobra prevista		
	T2S2	C2	C2+C2
6.0	14.00	15.75	17.50
7.0	14.50	16.50	18.25
8.0	15.25	17.25	19.00
10.0	16.75*	18.75	20.50
12.0	18.25*	20.50	22.25
15.0	21.00*	23.25	24.75
20.0	26.00*	28.00	29.25

* La tabla considera un ancho de calzada de 6 m. en tangente, en caso de que ella sea superior, R_e deberá aumentarse consecuentemente hasta que R_e - R_i = Ancho Normal Calzada

El radio interior de 8 m, representa un mínimo normal.

El radio interior de 6 m, representa un mínimo absoluto y sólo podrá ser usado en forma excepcional.

302.08 Transición de peralte

Siendo el peralte la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo, la transición de peralte viene a ser la traza del borde de la calzada, en la que se desarrolla el cambio gradual de la pendiente de dicho borde, entre la que corresponde a la zona en tangente, y la que corresponde a la zona peraltada de la curva.

Para efectos de la presente norma, el peralte máximo se calcula con la siguiente fórmula:

$$ip_{máx} = 1.8 - 0.01\,V$$

Dónde:

$ip_{máx}$: Máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la vía (%).

V : Velocidad de diseño (km/h).

La longitud del tramo de transición del peralte tendrá por tanto una longitud mínima definida por la fórmula:

$$L_{mín} = \frac{p_{f-}\,p_i}{ip_{máx}}\,B$$

Dónde:

$L_{mín}$: Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m).
p_f : Peralte final con su signo (%)
p_i : Peralte inicial con su signo (%)
B : Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m).

En carreteras de Tercera Clase, se tomarán los valores que muestra la **Tabla 302.13** para definir las longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición de peralte en función a la velocidad de diseño y valor del peralte.

Tabla 302.13

Velocidad de diseño (Km/h)	Valor del peralte						Longitud mínima de transición de bombeo (m)**
	2%	4%	6%	8%	10 %	12 %	
	Longitud mínima de transición de peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	58	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	33	44	55	66	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	65	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14
90	15	31	46	61	77	92	15

* Longitud de transición basada en la rotación de un carril
** Longitud basada en 2% de bombeo

La transición del peralte deberá llevarse a cabo combinando las tres condiciones siguientes:

- Características dinámicas aceptables para el vehículo
- Rápida evacuación de las aguas de la calzada.
- Sensación estética agradable.

En las **Tablas 302.14**, **302.15**, **302.16**, **302.17** y **302.18**, se presentan valores de longitudes mínimas de transición, para combinaciones de velocidad de diseño y anchos

de calzada más comunes, con el eje de giro de peralte al borde de la calzada y al centro de una vía de dos carriles.

Tabla 302.14
Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

Velocidad específica: 30 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 6 m
Eje de giro al borde de la calzada: 6 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
3%	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
4%	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64
5%	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68
6%	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72
7%	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76
8%	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
9%	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84
10%	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88
11%	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
12%	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96

Tabla 302.15
Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

Velocidad específica: 60 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 7.20 m
Eje de giro al borde de la calzada: 7.20 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	23	29	35	41	47	53	58	64	70	76	82
3%	29	35	41	47	53	58	64	70	76	82	88
4%	35	41	47	53	58	64	70	76	82	88	93
5%	41	47	53	58	64	70	76	82	88	93	99
6%	47	53	58	64	70	76	82	88	93	99	105
7%	53	58	64	70	76	82	88	93	99	105	111
8%	58	64	70	76	82	88	93	99	105	111	117
9%	64	70	76	82	88	93	99	105	111	117	123
10%	70	76	82	88	93	99	105	111	117	123	128
11%	76	82	88	93	99	105	111	117	123	128	134
12%	82	88	93	99	105	111	117	123	128	134	140

Tabla 302.16

Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

Velocidad específica: 60 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 7.20 m
Eje de giro al borde de la calzada: 3.60 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	12	15	18	20	23	26	29	32	35	38	41
3%	15	18	20	23	26	29	32	35	38	41	44
4%	18	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47
5%	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50
6%	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53
7%	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	55
8%	29	32	35	38	41	44	47	50	53	55	58
9%	32	35	38	41	44	47	50	53	55	58	61
10%	35	38	41	44	47	50	53	55	58	61	64
11%	38	41	44	47	50	53	55	58	61	64	67
12%	41	44	47	50	53	55	58	61	64	67	70

Tabla 302.17

Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del Peralte

Velocidad específica: 80 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 7.20 m
Eje de giro al borde de la calzada: 7.20 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	29	36	43	50	58	65	72	79	88	94	101
3%	36	43	50	58	65	72	79	88	94	101	108
4%	43	50	58	65	72	79	88	94	101	108	115
5%	50	58	65	72	79	88	94	101	108	115	122
6%	58	65	72	79	88	94	101	108	115	122	130
7%	65	72	79	88	94	101	108	115	122	130	137
8%	72	79	88	94	101	108	115	122	130	137	144
9%	79	88	94	101	108	115	122	130	137	144	151
10%	88	94	101	108	115	122	130	137	144	151	158
11%	94	101	108	115	122	130	137	144	151	158	166
12%	101	108	115	122	130	137	144	151	158	166	173

Tabla 302.18

Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

Velocidad específica: 100 km/h

Ancho de calzada o superficie de rodadura: 7.20 m

Eje de giro al borde de la calzada: 7.20 m

Peraltes — Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126
3%	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135
4%	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144
5%	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153
6%	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162
7%	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171
8%	90	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171
9%	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	189
10%	99	99	108	117	126	135	144	153	162	171	189
11%	99	108	117	126	135	144	153	162	171	189	207
12%	108	117	126	135	144	153	162	171	189	207	216

En las figuras siguientes se muestran los procedimientos de transición del peralte (paso de bombeo a peralte) con y sin curvas de transición, **Figuras 302.14** y **302.15** respectivamente y paso de peralte de curvas de sentido inverso con y sin curvas de transición, **Figuras 302.16** y **302.17**.

Figura 302.14
Desvanecimiento del bombeo y transición del peralte con curva de transición

a) BOMBEO CON DOS PENDIENTES SECCIÓN TRANSVERSAL

DIAGRAMA DE CURVATURA

$R = \frac{A^2}{L}$

R
EJE
EJE
R= ∞
R= ∞

BE b % b % BI
0 % b %
b %
p %
a a a a

TRANSICION DEL PERALTE
EJE
BE
$\frac{axp}{2}$
EJE DE GIRO
ip
$\frac{axp}{2}$
BI
axb/2
BE
BI
L L
TANGENTE
CURVA DE TRANSICION
C. CIRCULAR
TE
PC

b) BOMBEO CON PENDIENTE UNICA DEL MISMO SENTIDO QUE EL PERALTE SECCIÓN TRANSVERSAL

BE b %
b %
p %
a a a

TRANSICION DEL PERALTE
BE
$\frac{axp}{2}$
$\frac{axp}{2}$
BE
EJE DE GIRO
$\frac{axp}{2}$
$\frac{axp}{2}$
BI
TANGENTE
CURVA DE TRANSICION
BI
TANGENTE
CURVA DE TRANSICION
C. CIRCULAR
TE
PC

c) BOMBEO CON PENDIENTE UNICA DE SENTIDO CONTRARIO AL PERALTE SECCIÓN TRANSVERSAL

BE b % BI
p %
b %
p %
a a a a

TRANSICION DEL PERALTE
BE
EJE
EJE DE GIRO
BI
L L
TANGENTE
CURVA DE TRANSICION
C. CIRCULAR
TE
PC

L = 40 m. Máximo en carreteras de calzadas separadas
L = 20 m. Máximo en carreteras de calzada unica
a = Ancho de plataforma

Figura 302.15
Desvanecimiento del bombeo y transición del peralte sin curva de transición

DIAGRAMA DE CURVATURAS

EJE A B C (1) R EJE D

R= ∞ R= ∞ R= ∞

SECCION TRANSVERSAL

A b b a

B o p a

C b a

D p a

a) GIRO ALREDEDOR DEL EJE

D B.E

A B C (1)

EJE DE GIRO ip 0.7axp/2 axp/2

EJE axb/2 EJE DE GIRO

$\frac{axb}{2}$ ip axb/2 (1) axp/2

B.E. Y B.I. B.I. ip 0.7axp/2

(3) B.I

b) GIRO ALREDEDOR BORDE INTERIOR (B.I.) (2)

D B.E.

A B C axp/2

0.7axp/2 (1) EJE

EJE EJE DE GIRO (A-C) ip axb/2 ip/2 axp/2

axb/2 axb/2 0.7axp/2 (1)

EJE B.I.

c) GIRO ALREDEDOR BORDE EXTERIOR (B.E.) (2)

EJE A B C D

axb/2 EJE DE GIRO : B.E. B.E.

B.E. Y B.I. ip ip axb/2 0.7axp/2 (1) axp/2 EJE

axb/2 ip/2 0.7axp/2 (1) axp/2

B.I.

(1) Proporción normal de peralte a desarrollar en tangente : 0.7p

(2) Dados p e ip la longitud necesaria para desarrollar el peralte en los casos (b y c) es mayor que para el caso a



Figura 302.16

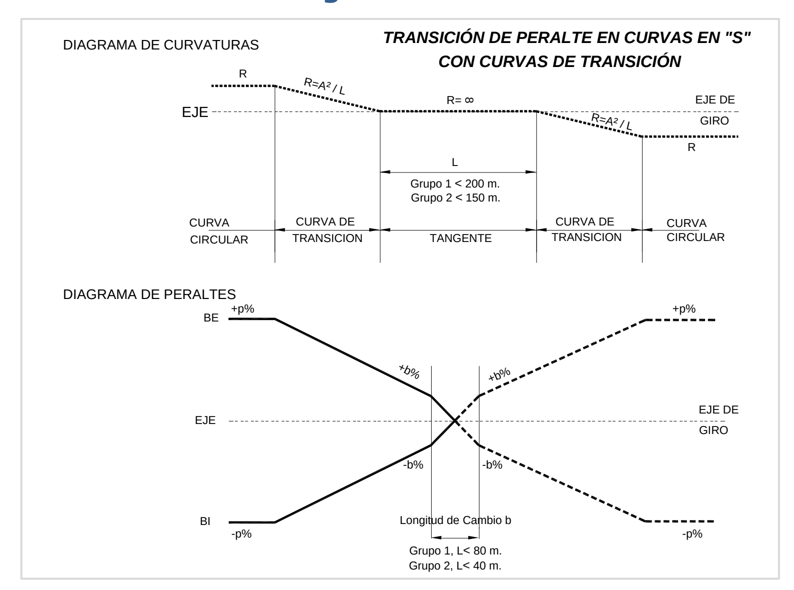
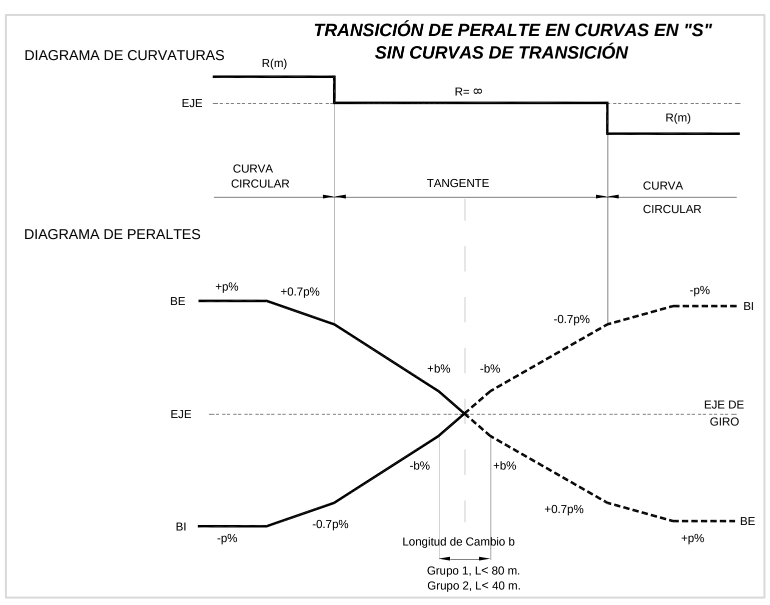


Figura 302.17



El desvanecimiento del bombeo, se hará en la alineación recta e inmediatamente antes de la tangente de entrada, en una longitud máxima de cuarenta metros (40 m) en carreteras de calzadas separadas, y en una longitud máxima de veinte metros (20 m), en carreteras de calzada única, y de la siguiente forma:

- Bombeo con dos pendientes. Se mantendrá el bombeo en el lado de plataforma que tiene el mismo sentido que el peralte subsiguiente, desvaneciéndose en el lado con sentido contrario al peralte.
- Bombeo con pendiente única del mismo sentido que el peralte subsiguiente. Se mantendrá el bombeo hasta el inicio de la clotoide.
- Bombeo con pendiente única de sentido contrario al peralte subsiguiente. Se desvanecerá el bombeo de toda la plataforma.

La transición del peralte propiamente dicha se desarrollará en los tramos siguientes:

- Desde el punto de inflexión de la clotoide (peralte nulo) al dos por ciento (2%) en una longitud máxima de cuarenta metros (40 m), para carreteras de vías separadas, y de veinte metros (20 m) para carreteras de vía única.

- Desde el punto de peralte dos por ciento (2%), hasta el peralte correspondiente a la curva circular (punto de tangencia), el peralte aumentará linealmente.

En el caso que la longitud de la curva circular sea menor de treinta metros (30 m), los tramos de transición del peralte, se desplazarán de forma que exista un tramo de treinta metros (30 m) con pendiente transversal constante e igual al peralte correspondiente al radio de curvatura de la curva circular.

302.09 Sobreancho

Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

302.09.01 Necesidad del sobreancho

La necesidad de proporcionar sobreancho en una calzada, se debe a la extensión de la trayectoria de los vehículos y a la mayor dificultad en mantener el vehículo dentro del carril en tramos curvos.

En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículos que circulan habitualmente por la carretera, ésta debe tener un sobreancho con el objeto de asegurar espacios libres adecuados (holguras), entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre los vehículos y los bordes de las calzadas. El sobreancho requerido equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más las holguras teóricas adoptadas (valores medios). El sobreancho no podrá darse a costa de una disminución del ancho de la berma.

Las holguras teóricas en recta y en curva ensanchada, consideradas para vehículos comerciales de 2.6 m de ancho, según el ancho de una calzada se aprecian en la **tabla 302.19**:

Tabla 302.19
Holguras teóricas para vehículos comerciales de 2.60 m de ancho

Calzada de 7.20 m		Calzada de 6.00 m	
En recta	**En curva ensanchada**	**En recta**	**En curva ensanchada**
h_1 0.5 m	0.6 m	0.3 m	0.45 m
h_2 0.4 m	0.4 m	0.1 m	0.05 m
$h_{2\ ext}$ 0.4m	0.0 m	0.1 m	0.0 m

Dónde:

h_1 : holgura entre cada vehículo y el eje demarcado.

h_2 : holgura entre la cara exterior de los neumáticos de un vehículo y el borde exterior del carril por el que circula (en recta) o de la última rueda de un vehículo simple o articulado y el borde interior de la calzada en curvas.

$h_{2\ ext}$: holgura entre el extremo exterior del parachoques delantero y el borde exterior de la calzada, $h_{2\ ext} \approx h_2$ en recta y $h_{2\ ext} = 0$ en curvas ensanchadas.

Las holguras en curvas ensanchadas son mayores en calzadas de 7.20 m respecto de las de 6.00 m, no sólo por el mayor ancho de calzada, sino por las mayores velocidades de circulación que en ellas se tiene y por el mayor porcentaje de vehículos comerciales de grandes dimensiones.

302.09.02 Desarrollo del sobreancho

Con el fin de disponer de un alineamiento continuo en los bordes de la calzada, el sobreancho debe desarrollarse gradualmente a la entrada y salida de las curvas.

En el caso de curvas circulares simples, por razones de apariencia, el sobreancho se debe desarrollar linealmente a lo largo del lado interno de la calzada, en la misma longitud utilizada para la transición del peralte. En las curvas con espiral, el sobreancho se desarrolla linealmente, en la longitud de la espiral.

Normalmente la longitud para desarrollar el sobreancho será de 40 m. Si la curva de transición es mayor o igual a 40 m, el inicio de la transición se ubicará 40 m, antes del principio de la curva circular. Si la curva de transición es menor de 40 m, el desarrollo del sobreancho se ejecutará en la longitud de la curva de transición disponible.

Para la determinación del desarrollo del sobreancho se utilizará la siguiente fórmula:

$$Sa_n = \frac{Sa}{L} l_n$$

Dónde:

- Sa_n : Sobreancho correspondiente a un punto distante l_n metros desde el origen.
- L : Longitud total del desarrollo del sobreancho, dentro de la curva de transición.
- l_n : Longitud en cualquier punto de la curva, medido desde su origen (m).

La ordenada Sa_n se medirá normal al eje de la calzada en el punto de abscisa l_n y el borde de la calzada ensanchada distará del eje a/2+ Sa_n siendo "a" el ancho normal de la calzada en recta.

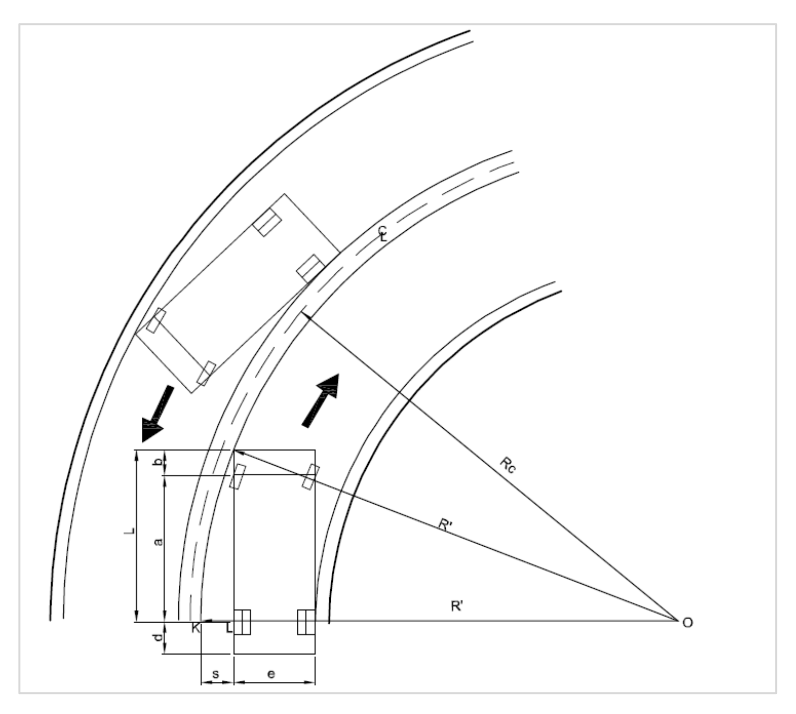
La demarcación de la calzada se ejecutará midiendo una ordenada Sa_n /2, a partir del eje de la calzada, en el punto de la abscisa l_n.

302.09.03 Valores del sobreancho

El sobreancho variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño y se calculará con la siguiente figura y fórmula:

Figura 302.18A

Sobreancho en las curvas



Dónde:

R': Radio hasta el extremo del parachoques delantero.

s: Sobreancho requerido por un carril

L: Distancia entre el parachoques delantero y el eje trasero del vehículo.

Si se asume que R' es sensiblemente igual a RC, se tiene que para una calzada de n carriles:

$$Sa=n\left(R-\sqrt{R^2-L^2}\right)+\frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

Sa	:	Sobreancho (m)
n	:	Número de carriles
R_C	:	Radio de curvatura circular (m)
L	:	Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)
V	:	Velocidad de diseño (km/h)

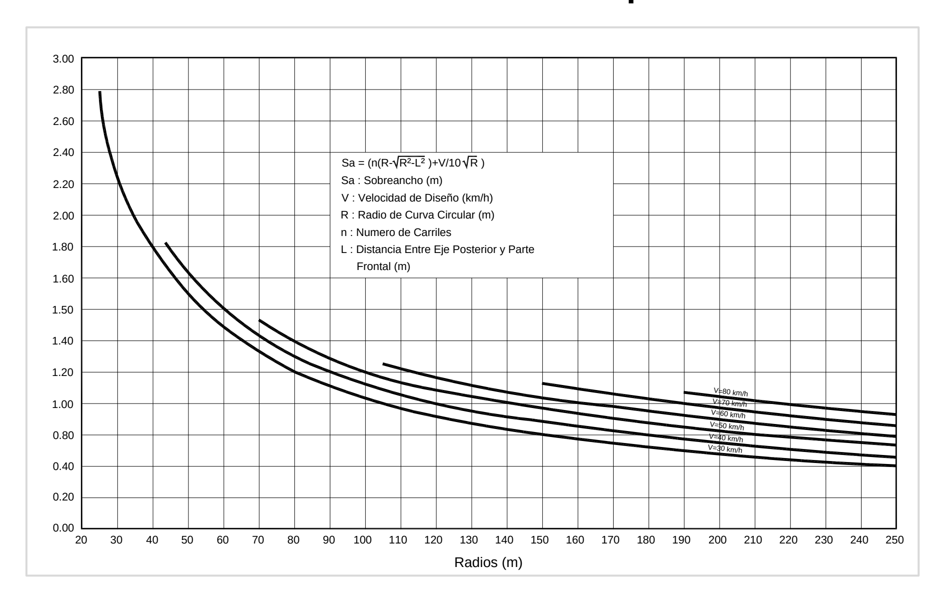
El primer término, depende de la geometría y el segundo de consideraciones empíricas, que tienen en cuenta un valor adicional para compensar la mayor dificultad, en calcular distancias transversales en curvas. Debe precisarse, que la inclusión de dicho valor adicional, debe ser evaluado y determinado por el diseñador, para aquellas velocidades que éste considere bajas para el tramo en diseño.

La consideración del sobreancho, tanto durante la etapa de proyecto como la de construcción, exige un incremento en el costo y trabajo, compensado solamente por la eficacia de ese aumento en el ancho de la calzada. Por tanto, los valores muy pequeños de sobreancho no deben considerarse.

Se considera apropiado un valor mínimo de 0.40 m de sobreancho para justificar su adopción.

También puede determinarse el sobreancho, empleando la **Figura 302.18B**, en función a "L" del tipo de vehículo de diseño.

Figura 302.18B
Valores de sobreancho en función a "L" del tipo de vehículo de diseño



El valor del sobreancho, estará limitado para curvas de radio menor a lo indicado en la **Tabla 302.20** (asociado a V ≤ 80 km/h) y se debe aplicar solamente en el borde interior de la calzada. En el caso de colocación de una junta central longitudinal o de demarcación, la línea se debe fijar en toda la mitad de los bordes de la calzada ya ensanchada.

Para radios mayores, asociados a velocidades mayores a 80 km/h, el valor del sobreancho será calculado para cada caso.

Tabla 302.20
Factores de reducción del sobreancho para anchos de calzada en tangente de 7.20m

Radio (R) (m)	Factor de reducción	Radio (R) (m)	Factor de reducción
25	0.86	90	0.60
28	0.84	100	0.59
30	0.83	120	0.54
35	0.81	130	0.52
37	0.8	150	0.47
40	0.79	200	0.38
45	0.77	250	0.27
50	0.75	300	0.18
55	0.72	350	0.12
60	0.70	400	0.07
70	0.69	450	0.08
80	0.63	500	0.05

Nota: El valor mínimo del sobreancho a aplicar es de 0.40 m

302.09.04 Longitud de transición y desarrollo del sobreancho

La **Figura 302.19 (a)**, **(b)** y **(c)**, muestra la distribución del sobreancho en los sectores de transición y circular.

En la **Figura 302.19 (a)**, la repartición del sobreancho se hace en forma lineal empleando para ello, la longitud de transición de peralte, de esta forma se puede conocer el sobreancho deseado en cualquier punto, usando la siguiente fórmula.

$$S_{a_n} = \frac{S_a}{L} L_n$$

Dónde:

Sa_n : Sobreancho deseado en cualquier punto (m)
Sa : Sobreancho calculado para la curva, (m)
L_n : Longitud a la cual se desea determinar el sobreancho (m)
L : Longitud de transición de peralte (m).

La distribución del sobreancho cuando un arco de espiral empalma dos arcos circulares de radio diferente y del mismo sentido, se debe hacer aplicando la siguiente fórmula, la cual se obtiene a partir de una distribución lineal. La **Figura 302.19(c)**, describe los elementos utilizados en el cálculo.

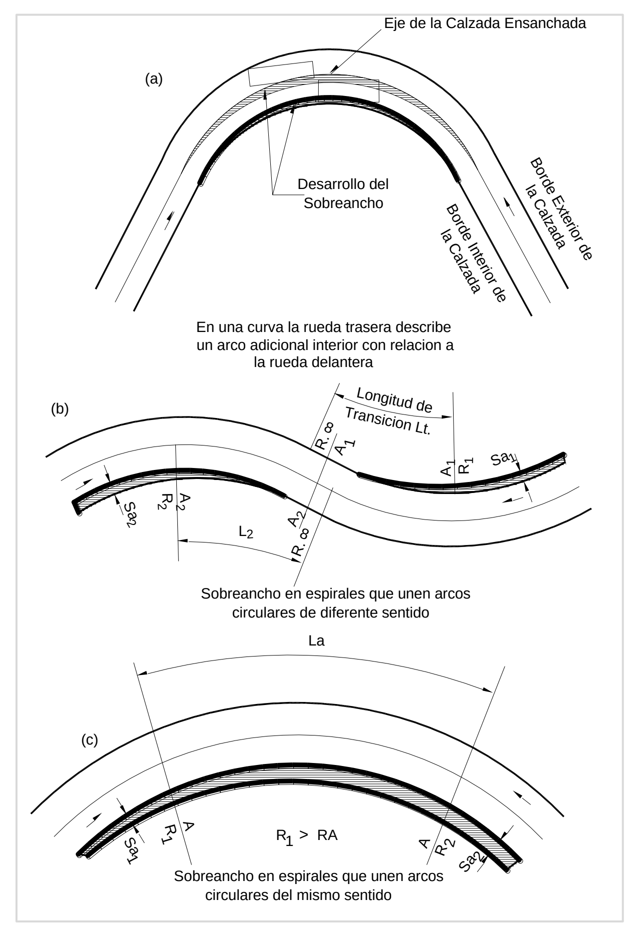
$$Sa_n = Sa_1 + (Sa_2 - Sa_1)\frac{L_n}{L}$$

Dónde:

Sa_n	:	Sobreancho deseado en cualquier punto (m).
Sa_1	:	Sobreancho calculado para el arco circular de menor curvatura (m).
Sa_2	:	Sobreancho calculado para el arco circular de mayor curvatura (m).
L_n	:	Longitud a la cual se desea determinar el sobreancho (m).
L	:	Longitud del arco de transición (m).

Figura 302.19

Distribución del sobreancho en los sectores de transición y circular



302.10 Verificación de la distancia de visibilidad

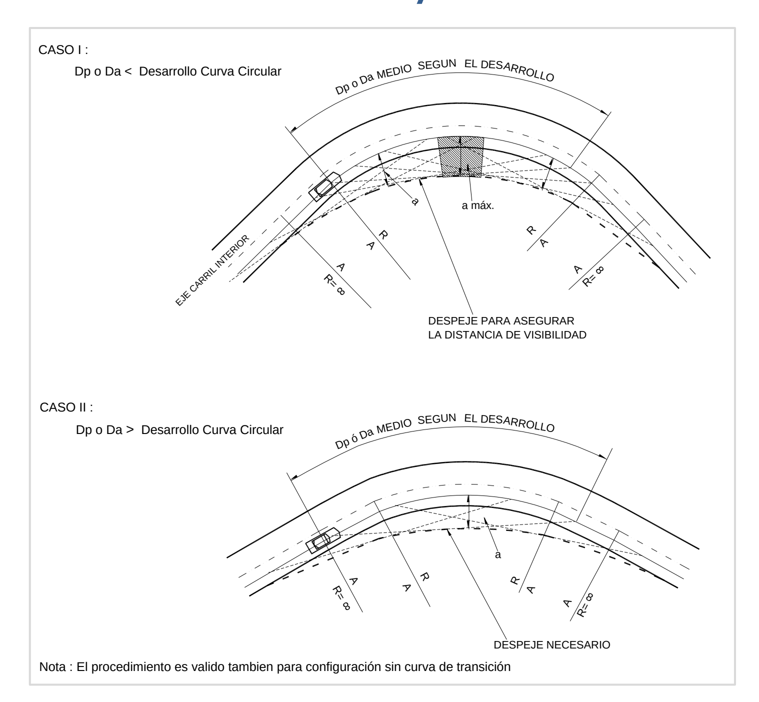
La coordinación de los alineamientos horizontal y vertical, respecto a las distancias de visibilidad, debe efectuarse al inicio del proyecto, es decir cuando aún es posible hacer modificaciones en el diseño.

La determinación analítica de los parámetros mínimos que definen los elementos en planta y perfil, asegura distancias de visibilidad acorde con la norma (**Sección 205**). Sin embargo, cuando se tiene zonas con restricción de adelantamiento, puede ser más práctico recurrir al método gráfico, como se muestra en la **Figura 302.20**, para los dos casos siguientes:

Caso I	:	D_p o D_a < Desarrollo de la curva circular
Caso II	:	D_p o D_a > Desarrollo de la curva circular



Figura 302.20
Determinación gráfica de distancias de visibilidad en curvas en planta casos I y II



En el Caso I la zona sombreada indica el ancho máximo de despeje requerido ($a_{máx}$) para lograr la distancia de visibilidad necesaria. Dicho valor puede ser calculado analíticamente mediante la fórmula siguiente:

$$a_{máx} = \frac{Dv^2}{8R}$$

Con dicha fórmula se obtienen resultados aproximados para todos los efectos, cuando se calcula $a_{máx}$ por condición de parada o cuando se calcula $a_{máx}$ para R > Da en el caso de visibilidad de adelantamiento.

Si la verificación indica que no se tiene la distancia de visibilidad requerida y no es posible aumentar el radio de la curva, se deberá recurrir al método gráfico para calcular las rectificaciones necesarias, ya sea que se trate de un talud de corte u otro obstáculo que se desarrolla a lo largo de toda o parte de la curva.

302.10.01 Verificación en planta

La distancia de visibilidad en el interior de una curva horizontal puede estar limitada por obstrucciones laterales. La fórmula anterior indicada en el Caso I, permite calcular el despeje máximo necesario en la parte central de la curva, pero hacia los extremos de ésta, el despeje disminuye, dando origen a un huso. Lo anterior es válido cuando la distancia de visibilidad requerida es mayor que el desarrollo de la curva, o cuando existen curvas de transición entre la alineación recta y la curva circular. La **Figura 302.20**, muestra cómo mediante un polígono de visuales se puede determinar, para diversas secciones transversales, el despeje necesario medido a partir del eje del carril interior de la calzada.

Las líneas de visual se trazarán de modo que la visibilidad bajo análisis (parada o adelantamiento), se dé a lo largo del desarrollo del eje del carril considerado.

Cuando el obstáculo lateral, está constituido por el talud de un corte y la rasante presenta pendiente uniforme, se considerará que la línea de visual es tangente a éste, a una altura sobre la rasante, igual a la semisuma de la elevación de los ojos del conductor

y del obstáculo; según el caso dicha altura será: 0.65 m para Visibilidad de Parada y 1.22 m para Visibilidad de Paso.

Cuando la curva horizontal coincide con una curva vertical, la altura del punto de tangencia sobre el talud será menor o mayor que las citadas, según se trate de una curva vertical convexa o cóncava. En este caso será necesario trabajar simultáneamente con los planos de planta y perfil longitudinal, utilizando el procedimiento indicado para la Verificación de la Visibilidad en Perfil. En efecto, la línea de visual trazada en el perfil longitudinal, para estaciones correspondientes de la planta, permitirá conocer la altura sobre la rasante que habrá de proyectarse al talud del corte.

Cuando el movimiento de tierra involucrado en el despeje es de poca importancia, se puede proceder aceptando el caso más desfavorable en cuanto a altura sobre la rasante, es decir: h = 0 para curvas convexas y h = 0.65 m ó 1.22 m para distancia de parada (D_p) ó distancia de adelantamiento (D_a) en curvas cóncavas.

302.10.02 Verificación en perfil

El método gráfico que se ilustra en la Figura 302.21, permite verificar las distancias de visibilidad de parada y adelantamiento en curvas verticales convexas, lo cual es necesario para determinar la longitud de las zonas de adelantamiento prohibido y consecuentemente apreciar el efecto global de éstas sobre la futura operación de la carretera.

Dicho método implica preparar una reglilla de material plástico transparente, suficientemente rígida, cuyas dimensiones dependerán de la escala del plano en perfil. Por ejemplo, para escala 1:1000 (h); 1:100 (V) las dimensiones serán: Largo: 60 cm y Ancho: 3 cm.

El rayado en el plano representa:

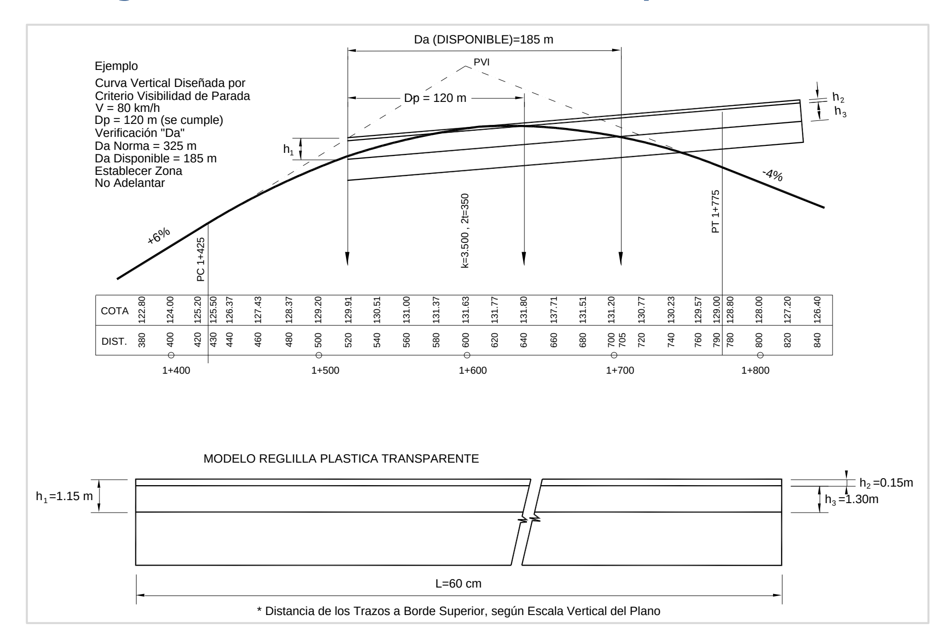
- Trazo segmentado a 1.5 mm del borde superior, representa 15 cm a la escala del plano y corresponde a la altura del obstáculo móvil.
- Trazo lleno a 11.5 mm del borde superior y 100 mm de largo a partir del extremo izquierdo de la reglilla, representa la altura de los ojos del observador (1.15m).
- Trazo lleno a 13 mm del borde superior, marcado a partir del término del trazo anterior y a todo el largo de la reglilla, representa la altura de vehículo (1.30 m).

Tal como se observa en la figura, al cortar la rasante con el trazo que dista 1.15 m (a escala del plano), en una estación dada y hacer tangente el borde superior de la reglilla con la rasante, se tiene la línea de visual del conductor; el punto en que la línea de segmentos corta por segunda vez la rasante, será la distancia de visibilidad disponible por condición de parada desde dónde se ubica el observador. El punto dónde el trazo lleno, que representa los 1.30 m, de altura de un vehículo, corta la rasante, será la distancia de visibilidad de adelantamiento de que se dispone a partir del mismo punto inicial considerado.

Desplazando por tanto la reglilla a lo largo de la rasante en uno y otro sentido de circulación, se podrá verificar las visibilidades disponibles y analizar el problema de las zonas de adelantamiento restringido.

Cabe destacar que por la distorsión de escala (H) / (V) del plano, no se pueden hacer medidas a lo largo de la reglilla, por lo que las visibilidades disponibles deberán obtenerse por diferencia de los kilometrajes asociados a los puntos de corte de la rasante, con los trazos correspondientes a cada situación.

Figura 302.21
Verificación gráfica distancias de visibilidad en perfil en curvas convexas

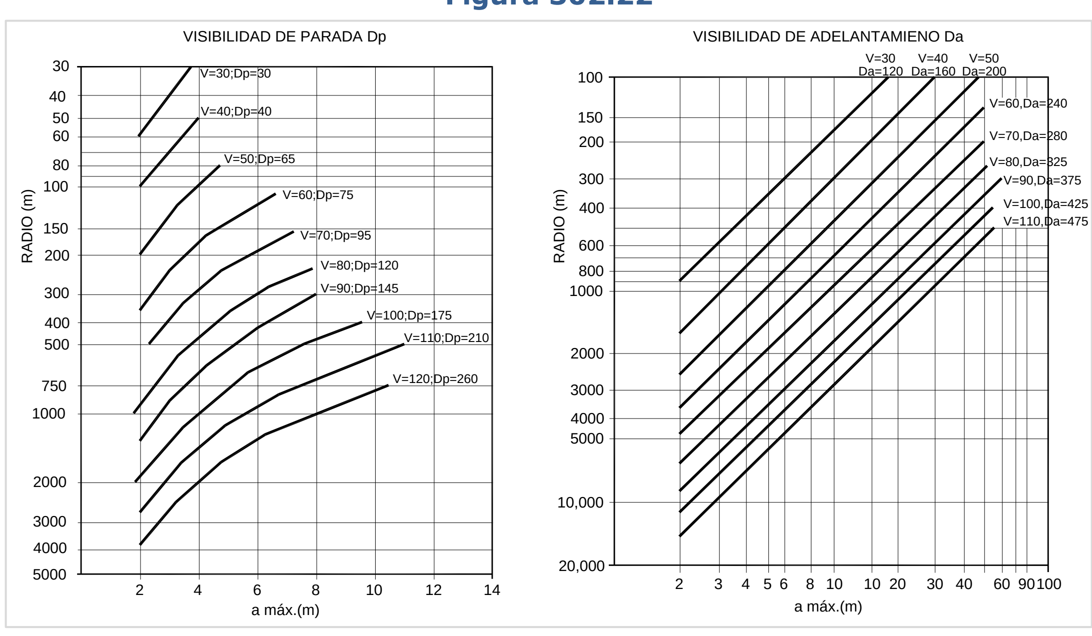


302.10.03 Banquetas de visibilidad

En las curvas horizontales deberán asegurarse la visibilidad a la distancia mínima de parada, de acuerdo a lo indicado en la **Sección 205** y en la presente sección.

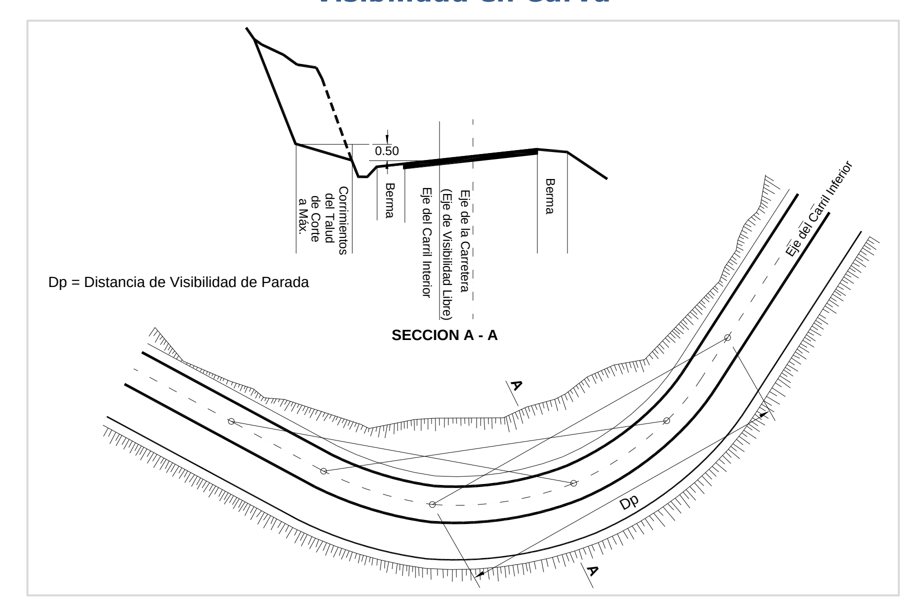
El control de este requisito y la determinación del ancho máximo (a máx.) de la banqueta de visibilidad, se definirá luego de verificar si una curva provee o no la distancia de visibilidad requerida, de acuerdo con la **Figura 302.22**.

Figura 302.22



Si la verificación indica que no se tiene la visibilidad requerida y no es posible o económico aumentar el radio de la curva, se recurrirá al procedimiento de la **Figura 302.23**.

Figura 302.23
Visibilidad en Curva



Asimismo se presenta la **Tabla 302.21** con las distancias mínimas a los obstáculos fijos, en tramos en tangente, medidos desde el borde exterior de la berma, hasta el borde del objeto.

Tabla 302.21
Distancias mínimas a obstáculos fijos

Descripción	Distancia (m)
Obstáculos aislados (pilares, postes, etc.)	1.50 (0.60)
Obstáculos continuos (muros, paredes. Barreras, etc.)	0.60 (0.30)
Pared, muro o parapeto, sin flujo de peatones	0.80 (0.60)
Pared, muro o parapeto, con flujo de peatones	1.50

Nota: los valores mínimos absolutos indicados en esta tabla son aceptables para carreteras hasta de Segunda Clase.

Para el caso de carreteras de Tercera Clase y cuando las obstrucciones a la visibilidad, tales como taludes de corte, paredes o barreras longitudinales en el lado interno de una curva horizontal, será preferible un ajuste en el diseño de la sección transversal o en el alineamiento, a la remoción de la obstrucción.

Según lo antes indicado, en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad deberá ser por lo menos igual a la distancia de parada correspondiente, y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva. El mínimo ancho que deberá quedar libre de obstrucciones a la visibilidad será el calculado por la siguiente fórmula:

$$a_{mín} = R\left(1 - Cos\frac{28.65\ D_p}{R}\right)$$

Dónde:

$a_{mín}$: Ancho mínimo libre.
R : Radio de la curva horizontal.
D_p : Distancia de parada

302.10.04 Zonas de no adelantar

Toda vez que no se disponga la visibilidad de adelantamiento mínima, por restricciones causadas por elementos asociados a la planta o elevación o combinaciones de éstos, la zona de adelantamiento prohibido, deberá quedar señalizada mediante pintura en el pavimento y/o señalización vertical correspondiente.

302.10.05 Frecuencia de las zonas adecuadas para adelantar

Teniendo en cuenta que la visibilidad de adelantamiento requerida es superior a la de parada, la orografía no permite mantener un trazado con distancias de adelantamiento adecuadas.

Por tal razón, los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, deberán distribuirse lo más homogéneamente posible a lo largo del trazado. Por ejemplo, en un tramo de longitud superior a 5 km, emplazado en una topografía dada, se procurará que los sectores con visibilidad adecuada para adelantar con respecto al largo total del tramo, se mantengan dentro de los porcentajes que se indican en la **Tabla 302.22**.

Tabla 302.22
Porcentaje del tramo con visibilidad adecuada para adelantar

Tipo de terreno	% Mínimo	% Deseable
Plano	45	≥65
Ondulado	30	≥50
Accidentado o escarpado	20	≥30

SECCIÓN 303
Diseño geométrico en perfil

303.01 Generalidades

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas.

El alineamiento vertical deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas verticales que pueden ser cóncavas o convexas, y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto.

El sistema de cotas del proyecto, estarán referidos y se enlazarán con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

El perfil longitudinal está controlado principalmente por la Topografía, Alineamiento, horizontal, Distancias de visibilidad, Velocidad de proyecto, Seguridad, Costos de Construcción, Categoría de la vía, Valores Estéticos y Drenaje.

303.02 Consideraciones de diseño

- En terreno plano, por razones de drenaje, la rasante estará sobre el nivel del terreno.
- En terreno ondulado, por razones de economía, en lo posible la rasante seguirá las inflexiones del terreno.
- En terreno accidentado, en lo posible la rasante deberá adaptarse al terreno, evitando los tramos en contrapendiente, para evitar alargamientos innecesarios.
- En terreno escarpado el perfil estará condicionado por la divisoria de aguas.
- Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas, que presenten variaciones graduales de los lineamientos, compatibles con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.
- Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica, podrán estar presentes en el trazado si resultan indispensables. Sin embargo, la forma y oportunidad de su aplicación serán las que determinen la calidad y apariencia de la carretera terminada.
- Deberán evitarse las rasantes de “lomo quebrado” (dos curvas verticales de mismo sentido, unidas por una alineación corta). Si las curvas son convexas se generan largos sectores con visibilidad restringida, y si ellas son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se crean falsas apreciaciones de distancia y curvatura.
- En pendientes que superan la longitud crítica, establecida como deseable para la categoría de carretera en proyecto, se deberá analizar la factibilidad de incluir carriles para tránsito lento.
- En pendientes de bajada, largas y pronunciadas, es conveniente disponer, cuando sea posible, carriles de emergencia que permitan maniobras de frenado.

303.03 Pendiente

303.03.01 Pendiente mínima

Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0.5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0.2%.
- Si el bombeo es de 2.5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.
- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0.5% y la mínima excepcional de 0.35%.
- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0.5%.

303.03.02 Pendiente máxima

Es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la **Tabla 303.01**, no obstante, se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- En zonas de altitud superior a los 3.000 msnm, los valores máximos de la **Tabla 303.01**, se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados.
- En autopistas, las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2% los máximos establecidos en la **Tabla 303.01**.

Tabla 303.01
Pendientes máximas (%)

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			10.00	10.00
40 km/h																9.00	8.00	9.00	10.00	
50 km/h											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00		
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00		
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00		
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00		
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00							
110 km/h	4.00	4.00			4.00															
120 km/h	4.00	4.00			4.00															
130 km/h	3.50																			

Notas:

1) En caso que se desee pasar de carreteras de Primera o Segunda Clase, a una autopista, las características de éstas se deberán adecuar al orden superior inmediato.

2) De presentarse casos no contemplados en la presente tabla, su utilización previo sustento técnico, será autorizada por el órgano competente del MTC.

303.03.03 Pendientes máximas excepcionales

Excepcionalmente, el valor de la pendiente máxima podrá incrementarse hasta en 1%, para todos los casos. Deberá justificarse técnica y económicamente la necesidad de dicho incremento.

Para carreteras de Tercera Clase deberán tenerse en cuenta además las siguientes consideraciones:

- En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%. La frecuencia y la ubicación de dichos tramos de descanso, contará con la correspondiente evaluación técnica y económica.
- En general, cuando se empleen pendientes mayores a 10%, los tramos con tales pendientes no excederán de 180 m.
- La máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2,000 m, no debe superar el 6%.
- En curvas con radios menores a 50 m de longitud debe evitarse pendientes mayores a 8%, para evitar que las pendientes del lado interior de la curva se incrementen significativamente.

303.03.04 Longitud en pendiente

La **Figura 303.01a** ilustra el efecto de las pendientes uniformes de subida, de longitudes dadas, sobre la velocidad de operación de camiones.

El ábaco está elaborado para camiones pesados del tipo 150 a 180 Kg/Hp ~ 203 a 244 kg/kw Neto, que representan el parque de camiones con remolque o semirremolque. Así mismo, es independiente de la velocidad de entrada a la pendiente, en tanto la rasante de aproximación sea prácticamente horizontal.

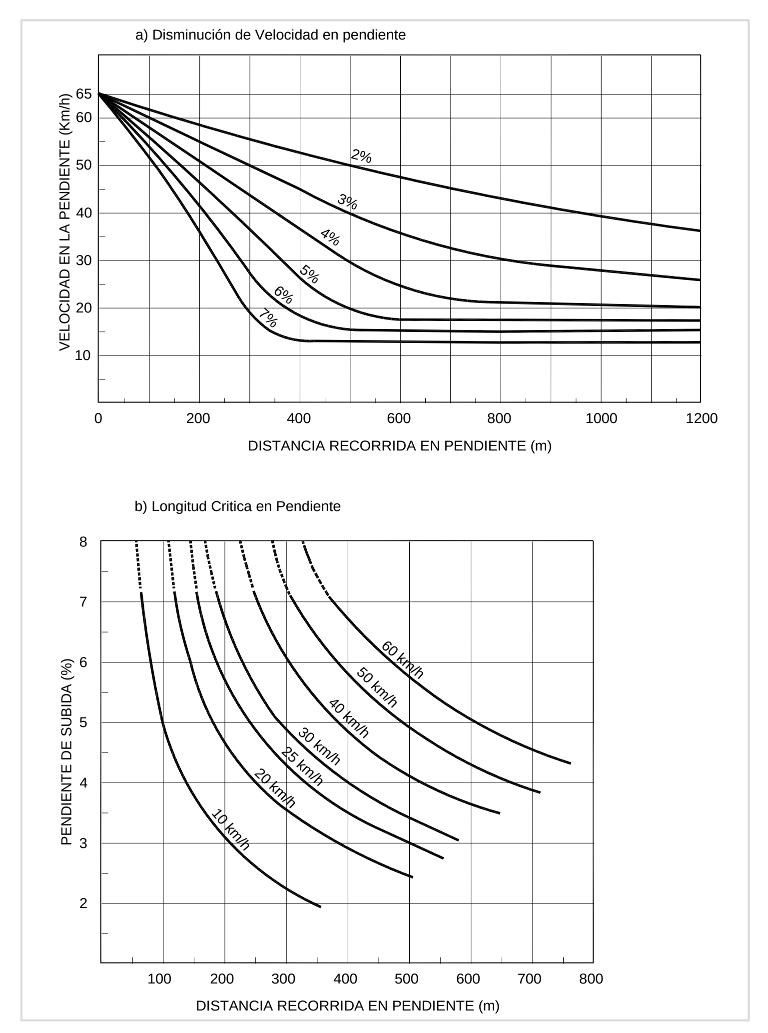
Además, el ábaco muestra la caída de velocidad para un camión con remolque o semirremolque cargado, cuya relación peso/potencia sea del orden de 150 kg/Hp ~ 203 kg/kw Neto. Se considera que la rasante de aproximación a la pendiente es prácticamente horizontal y la velocidad al comienzo de la pendiente de 65 km/h. La sección horizontal de las curvas indica la velocidad de régimen del camión, la que no puede ser superada en tanto no disminuya la pendiente.

La **Figura 303.01b** ilustra el concepto de la longitud crítica en pendiente, es decir, la combinación de magnitud y longitud de pendiente que causa un descenso en la velocidad de operación del camión de "X" km/h.

El ábaco por tanto, permite establecer la longitud máxima que puede darse a una pendiente de magnitud dada, si se desea evitar que la velocidad de operación de los camiones en horizontal disminuya en más de "X" km/h en las zonas en pendientes.

Si la longitud y magnitud de una pendiente inevitable produce descensos superiores a los 25 km/h, en especial en caminos bidireccionales dónde no existe visibilidad para adelantar, debe realizarse un análisis técnico económico a fin de establecer la factibilidad de proyectar carriles de ascenso. En pendiente, como norma general, es recomendable no superar los 15 km/h de caída de velocidad, para camiones.

Figura 303.01
Disminución de velocidad (a) y magnitud crítica (b), en pendientes



303.03.05 Carriles adicionales

Cuando la pendiente implique una reducción de la velocidad de operación de 25 km/h o más, debe evaluarse técnica y económicamente la posibilidad de añadir un carril adicional en la vía, en función al volumen de tránsito y porcentaje de camiones.

Siempre que se amplíe la plataforma para disponer un carril adicional, se mantendrán las dimensiones de las bermas.

En carreteras de una calzada, el carril de ascenso no debe utilizarse como carril de adelantamiento.

Para la implementación de los carriles adicionales se tendrá en cuenta los siguientes criterios:

- En Autopistas: Los carriles adicionales deben ubicarse al lado izquierdo de la calzada (carriles para circulación rápida).
- Carreteras de una calzada: Los carriles adicionales deben ubicarse al lado derecho de la calzada (carriles para circulación lenta).

En lo que respecta a las dimensiones de los carriles adicionales, estos tendrán el mismo ancho que los de la calzada, evitando proyectar carriles con longitudes menores a 250 m.

Antes del inicio de los carriles adicionales para circulación lenta o rápida, debe existir una transición, con una longitud mínima de 70 m.

El carril adicional para circulación rápida se prolongará a partir de la sección, en la que desaparecen las condiciones que lo hicieron necesario, cuya longitud se calculará con la siguiente fórmula:

$$L = \frac{6\,(V + 20)}{5}$$

Dónde:

L : Longitud de prolongación (m).

V : Velocidad de diseño (km/h)

A la prolongación anterior le seguirá una transición con una longitud mínima de 120 m y una zona señalizada en una longitud mínima de 200 m.

El carril adicional para circulación lenta, se prolongará hasta que el vehículo lento alcance el 85% de la velocidad de diseño, sin que dicho porcentaje pueda sobrepasar los 80 km/h.

A la prolongación anterior, se añadirá una transición con una longitud mínima de 100 m.

El final de un carril adicional para circulación lenta, no deberá coincidir con un tramo de carretera dónde exista prohibición de adelantamiento.

303.04 Curvas verticales

303.04.01 Generalidades

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás.

Dichas curvas verticales parabólicas, son definidas por su parámetro de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente, así:

$$K = L/A$$

Dónde,

K : Parámetro de curvatura

L : Longitud de la curva vertical

A : Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

303.04.02 Tipos de curvas verticales

Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales convexas y cóncavas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas. En la **Figura 303.02** se indican las curvas verticales convexas y cóncavas y en la **Figura 303.03** las curvas verticales simétricas y asimétricas.

Figura 303.02
Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas

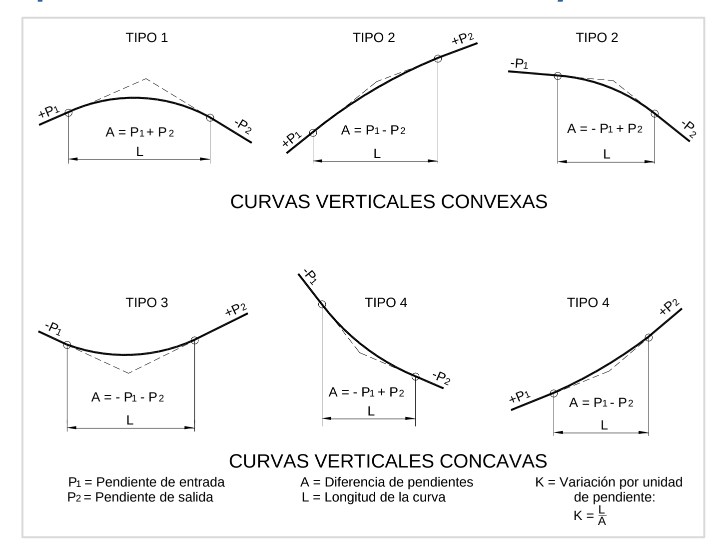
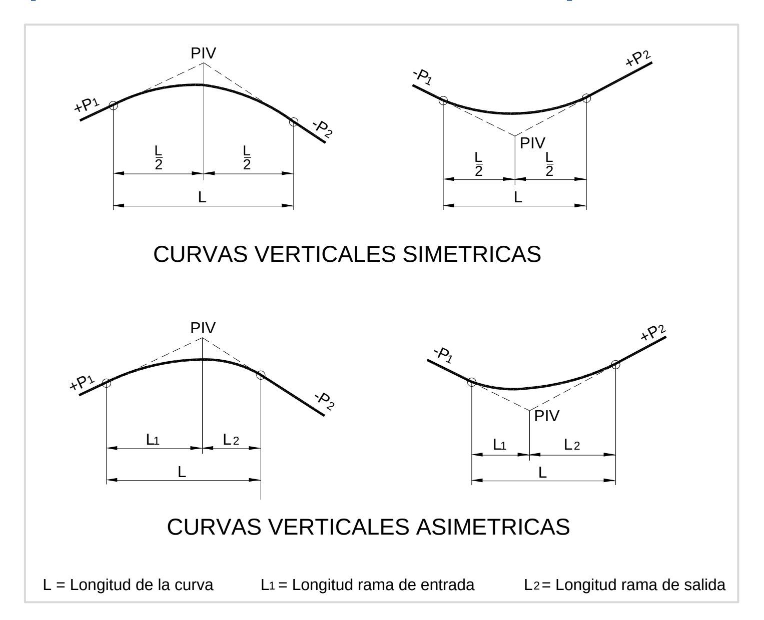
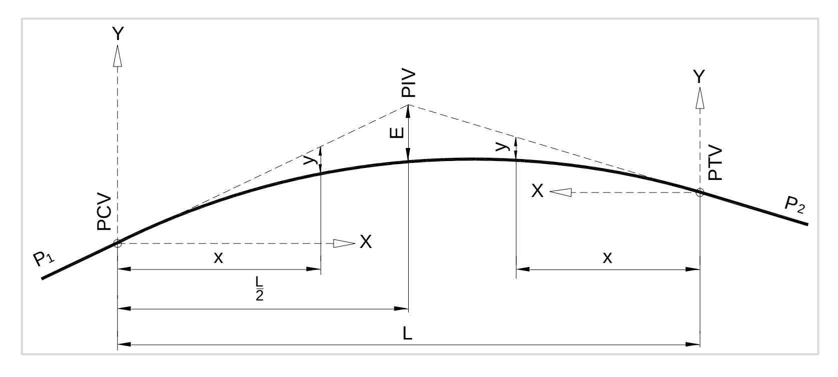


Figura 303.03
Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas



La CURVA VERTICAL SIMÉTRICA está conformada por dos parábolas de igual longitud, que se unen en la proyección vertical del PIV. La curva vertical recomendada es la parábola cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas se incluyen a continuación, tal como se aprecia en la Figura 303.04.

Figura 303.04
Elementos de la curva vertical simétrica



Dónde:

PCV : Principio de la curva vertical

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV : Término de la curva vertical

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

S_1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)

S_2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%)

$$A = |S_1 - S_2|$$

E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{A\,L}{800}$$

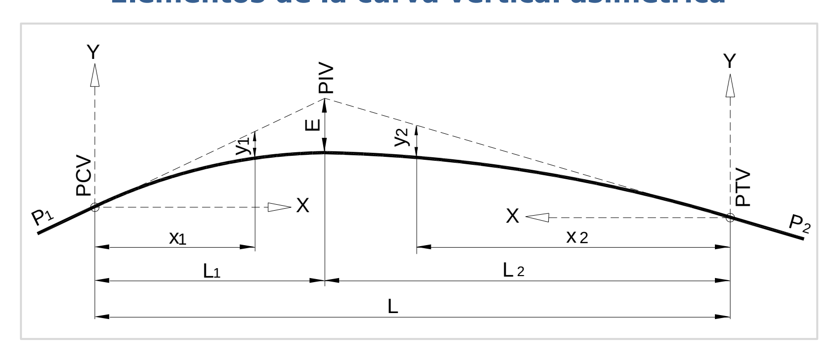
X : Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

Y : Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y = x^2\left(\frac{A}{200\ L}\right)$$

La curva vertical asimétrica está conformada por dos parábolas de diferente longitud (L_1, L_2) que se unen en la proyección vertical del PIV. Ver **Figura 303.05**.

Figura 303.05
Elementos de la curva vertical asimétrica



Dónde:

PCV : Principio de la curva vertical

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV : Término de la curva vertical

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m), se cumple: $L = L_1 + L_2$ y $L_1 \neq L_2$.

S_1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)

S_2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)

L_1 : Longitud de la primera rama, medida por su proyección horizontal en metros (m).

L_2 : Longitud de la segunda rama, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

$$A = |S_1 - S_2|$$

E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{A\ L_1\ \ L_2}{200\ (L_1 + L_2)}$$

X_1 : Distancia horizontal a cualquier punto de la primera rama de la curva medida desde el PCV

X_2 : Distancia horizontal a cualquier punto de la segunda rama de la curva medida desde el PTV

Y_1 : Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y_1 = E\left(\frac{X_1}{L_1}\right)^2$$

Y_2 : Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PTV, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y_2 = E\left(\frac{X_2}{L_2}\right)^2$$

En el proyecto de curvas verticales, es necesario tomar en consideración los siguientes criterios:

- Debido a los efectos dinámicos, para que exista comodidad es necesario que la variación de pendiente sea gradual, situación que resulta más crítica en las curvas cóncavas, por actuar las fuerzas de gravedad y centrífuga en la misma dirección.
- Generalmente se proyectan curvas verticales simétricas, es decir, aquellas en las que las tangentes son de igual longitud. Las tangentes desiguales o las curvas verticales no simétricas son curvas parabólicas compuestas. Por lo general, su uso se garantiza sólo dónde no puede introducirse una curva simétrica por las condiciones impuestas del alineamiento.
- El criterio de comodidad, se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas en dónde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección se suma al peso propio del mismo. Generalmente queda englobado siempre por el criterio de seguridad.
- El criterio de operación, se aplica al diseño de curvas verticales con visibilidad completa, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.
- El criterio de drenaje, se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas o convexas en zonas de corte, lo cual conlleva a modificar las pendientes longitudinales de las cunetas.
- El criterio de seguridad, se aplica a curvas cóncavas y convexas. La longitud de la curva debe ser tal, que en todo su desarrollo la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada. En algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de paso.

303.04.03 Longitud de las curvas convexas

La longitud de las curvas verticales convexas, se determina con las siguientes fórmulas:

a) Para contar con la visibilidad de parada (Dp).

Cuando $Dp < L$;

$$L = \frac{A\ D_p^2}{100\left(\sqrt{2h_1}+\sqrt{2h_2}\right)^2}$$

Cuando Dp > L;

$$L = \ 2D_p - \frac{200\left(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2}\right)^2}{A}$$

Dónde, para todos los casos:

L : Longitud de la curva vertical (m)

D_p : Distancia de visibilidad de parada (m)

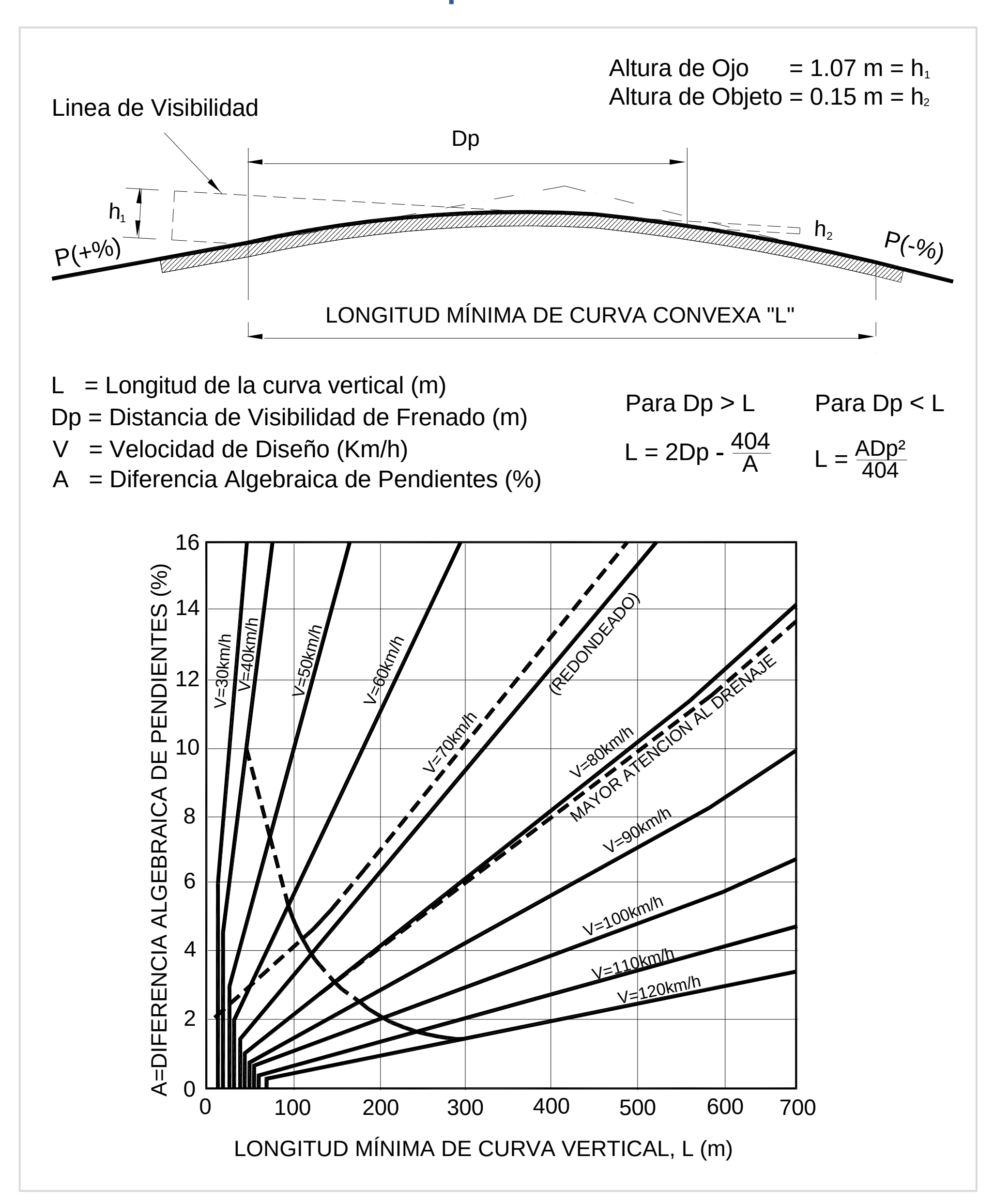
A : Diferencia algebraica de pendientes (%)

h_1 : Altura del ojo sobre la rasante (m)

h_2 : Altura del objeto sobre la rasante (m)

La Figura 303.06, presenta los gráficos para resolver las ecuaciones planteadas, para el caso más común con h_1 = 1.07 m y h_2 = 0.15 m.

Figura 303.06
Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada



b) Para contar con la visibilidad de adelantamiento o paso (Da).

Cuando: Da < L

$$L = \frac{A\ D_a^2}{946}$$

Cuando: Da > L

$$L = 2D_a - \frac{946}{A}$$

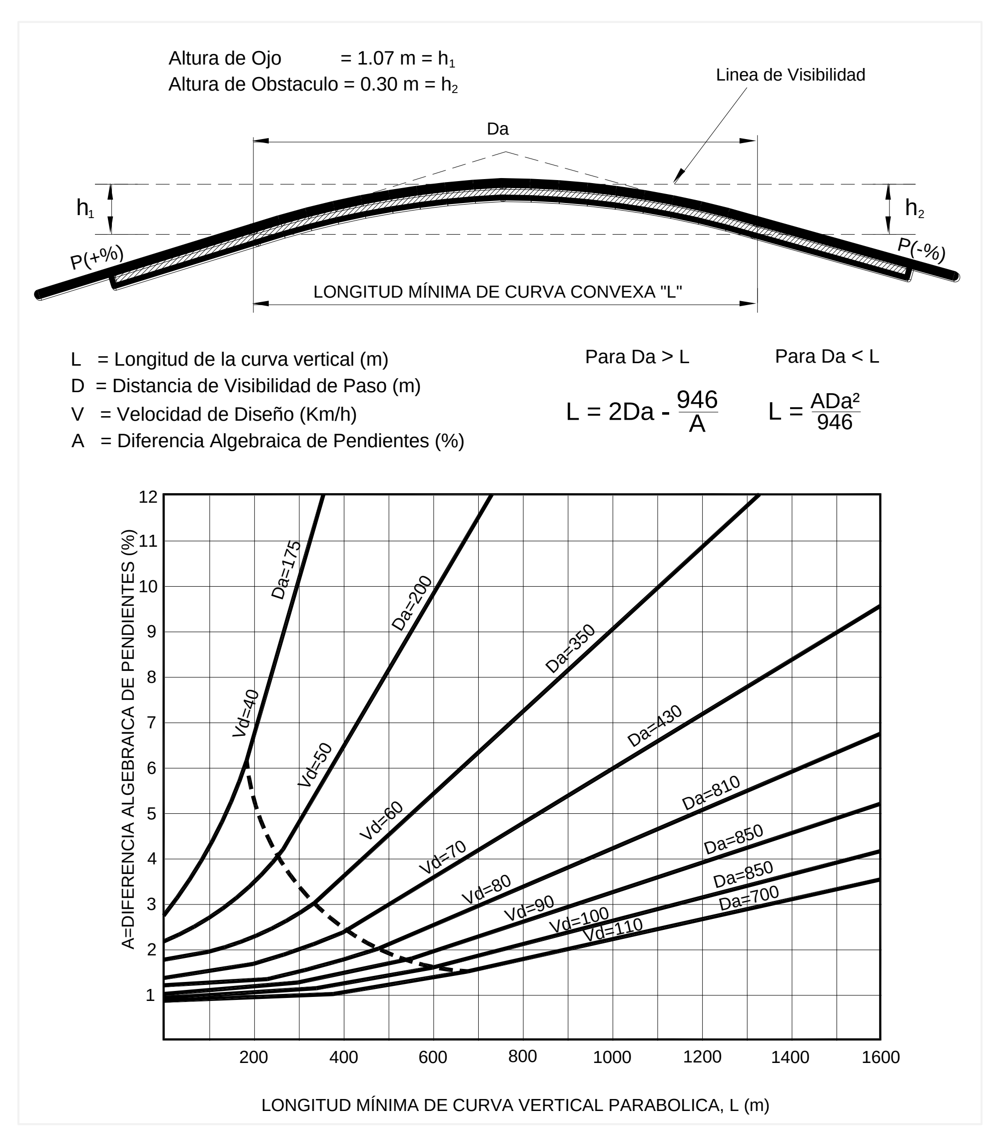
Dónde:

Da : Distancia de visibilidad de adelantamiento o Paso (m)

L y A : Idem (a)

Se utilizará los valores de longitud de Curva Vertical de la **Figura 303.07** para esta condición, asimismo se aplicarán las mismas fórmulas que en (a); utilizándose como h_2 = 1.30 m, considerando h_1 = 1.07 m.

Figura 303.07
Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso



Los valores del Índice K al que se refiere el **Art. 303.04.01** para la determinación de la longitud de las curvas verticales convexas para carreteras de Tercera Clase, serán los indicados en la **Tabla 303.02**.

Tabla 303.02
Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	Índice de curvatura K
20	20	0.6		
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

303.04.04 Longitud de las curvas cóncavas

La longitud de las curvas verticales cóncavas, se determina con las siguientes fórmulas:

Cuando : D < L

$$L = \frac{A\ D^2}{120 + 3.5D}$$

Cuando : D > L

$$L = 2D - \left(\frac{120 + 3.5D}{A}\right)$$

Dónde:

D : Distancia entre el vehículo y el punto dónde con un ángulo de 1º, los rayos de luz de los faros, interseca a la rasante.

Del lado de la seguridad se toma D = D_p, cuyos resultados se aprecian en la **Figura 303.08**.

Figura 303.08
Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas

Rayo de la Luz Delantera

-%(Pend)

+%(Pend)

D

1°0'

0.80m

LONGITUD MÍNIMA DE CURVA CÓNCAVA "L"

L = Longitud de la curva vertical (m)
D = Distancia desde los Faros a la rasante (m)
V = Velocidad de Diseño (Km/h)
A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

D = Dp

Dp > L

$$L = 2Dp - \left(\frac{120 + 3{,}50\,Dp}{A}\right)$$

Dp < L

$$L = \frac{A\,Dp^2}{120 + 3.5\,Dp}$$

A=DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (%)

0 2 4 6 8 10 12 14 16

V=30 km/h k=4
V=40 km/h k=8
V=50 km/h k=12
V=60 km/h k=18
V=70 km/h k=24.08 (CALCULADO)
V=70 km/h k=25 (REDONDEADO)
V=80 km/h k=32
V=90 km/h k=40
V=100 km/h k=51 MAYOR ATENCION AL DRENAJE
V=110 km/h k=62 AL DRENAJE
V=120 km/h k=73

0 100 200 300 400 500 600 700

L=LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL CÓNCAVA (m)

Adicionalmente, considerando que los efectos gravitacionales y de fuerzas centrífugas afectan en mayor proporción a las curvas cóncavas, se aplicará la siguiente fórmula:

$$L = \frac{A\,V^2}{395}$$

Dónde:

V : Velocidad de proyecto (km/h)

L : Longitud de la curva vertical (m)

A : Diferencia algebraica de pendientes (%)

Los valores del Índice K al que se refiere el **Artículo 303.04.01** para la determinación de la longitud de las curvas verticales cóncavas para carreteras de Tercera Clase, serán los indicados en la **Tabla 303.03**.

Tabla 303.03
Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m)	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

SECCION 304
Diseño geométrico de la sección transversal

304.01 Generalidades

El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplan y de las características del trazado y del terreno.

El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada a la superficie de rodadura o calzada, cuyas dimensiones deben permitir el nivel de servicio previsto en el proyecto, sin perjuicio de la importancia de los otros elementos de la sección transversal, tales como bermas, aceras, cunetas, taludes y elementos complementarios.

Constituyen secciones transversales singulares, las correspondientes a las intersecciones vehiculares a nivel o desnivel, los puentes vehiculares, pasos peatonales a desnivel, túneles, estaciones de peaje, pesaje y ensanches de plataforma.

En zonas de concentración de personas, comercio y/o tránsito de vehículos menores, maquinaria agrícola, animales y otros, la sección transversal debe ser proyectada de tal forma que constituya una solución de carácter integral a tales situaciones extraordinarias, y así posibilitar, que el tránsito por la carretera se desarrolle con seguridad vial.

En el caso de centros comerciales adyacentes a la carretera, el proyectista deberá considerar la posibilidad de disponer de vías o calzadas especiales y carriles de cambio de velocidad, tanto para el ingreso como para la salida de los vehículos, de manera que no constituyan un factor de reducción del nivel de servicio y seguridad de la vía principal.

304.02 Elementos de la sección transversal

Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), que se encuentran dentro del Derecho de Vía del proyecto. Cuando el tránsito de bicicletas sea importante, deberá evaluarse la inclusión de carriles especiales para ciclistas (ciclovias), separados tanto del tránsito vehicular como de los peatones.

En las **Figuras 304.01 y 304.02**, se muestra una sección tipo a media ladera para una autopista en tangente y una carretera de una calzada de dos carriles en curva.

Asimismo, en la **Figura 304.02.A**, se muestra una sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales con concentración de personas, comercio y/o tránsito de vehículos menores.

En la **Figura 304.02.B**, se muestra una sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales con concentración de personas, comercio y/o tránsito de vehículos menores, incluyendo ciclovías.

En la **Figura 304.02.C**, se muestra un ejemplo de sección transversal típica para carretera con calzadas separadas, en población urbana con zonificación comercial.

En la **Figura 304.02.D**, se muestra un ejemplo de sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en zona urbana.

Figura 304.01
Sección transversal tipo a media ladera para una autopista en tangente

DERECHO DE VIA MAS ZONA DE PROPIEDAD RESTRINGIDA

DERECHO DE VIA

ANCHO DE OBRA ACTUAL

ZANJA DE CORONACIÓN REVESTIDA
(DE SER NECESARIO)

BORDE LIBRE

HOLGURA

TALUD DE CORTE (SEGUNDO)

nze 1 hz nzi 1

1 nc2

TERRENO NATURAL

ALTURA DEL SEGUNDO CORTE H = (2)

BANQUETA

TALUD DE CORTE (PRIMERO)

Pb(1)

PLATAFORMA

1 nc1

ALTURA TOTAL DEL CORTE

Hc

ALTURA DEL PRIMER CORTE Ho (1) 7m MAX.

TALUD EXT. CUNETA

FONDO

ho

CUNETA

TALUD INTERIOR

S.A.C. = SAP

10%

nz1 1

CORONA DE PAVIMENTO

BERMA

CALZADA

CARRILES

P

BERMA

SEPARADOR CENTRAL

SAP

SAP

BERMA

CORONA DE PAVIMENTO

CALZADA

CARRILES

BERMA

P

S.A.C. = SAP

10%

TALUD DE TERRAPLEN

ALTURA DE TERRAPLEN (Hc)

ESPESOR DE PAVIMENTO

pie > 20 %

nt 1

BORDE LIBRE

ZANJA DE DRENAJE

BORDE LIBRE

ndi 1

nde 1

CAMINO DE SERVICIO (FUTURO)

HOLGURA

REPOSICION DE SERVICIO

FONDO EXCAVACION (EN ROCA)

SUB DREN LONG. (EN TIERRA)

ZONA DE REFINE

BANQUETAS DE CORTE

ZONA DE SANEO

ESCARIFICADO

(FUTURO) ESCARIFICADO

PAV. REVEST. Y HORM. EN ESTR.

BASE Y SUBBASE

TERRAPLÉN

MATERIALES GRADUADOS

TIERRA VEGETAL

DUCTOS Y CAMARAS DE FIBRA OPTICA

Pb(1): Pendiente transversal de la banqueta = 2%
Pendiente longitudinal de banqueta 3% máximo

SAP : Sobreancho Plataforma

Figura 304.02
Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva

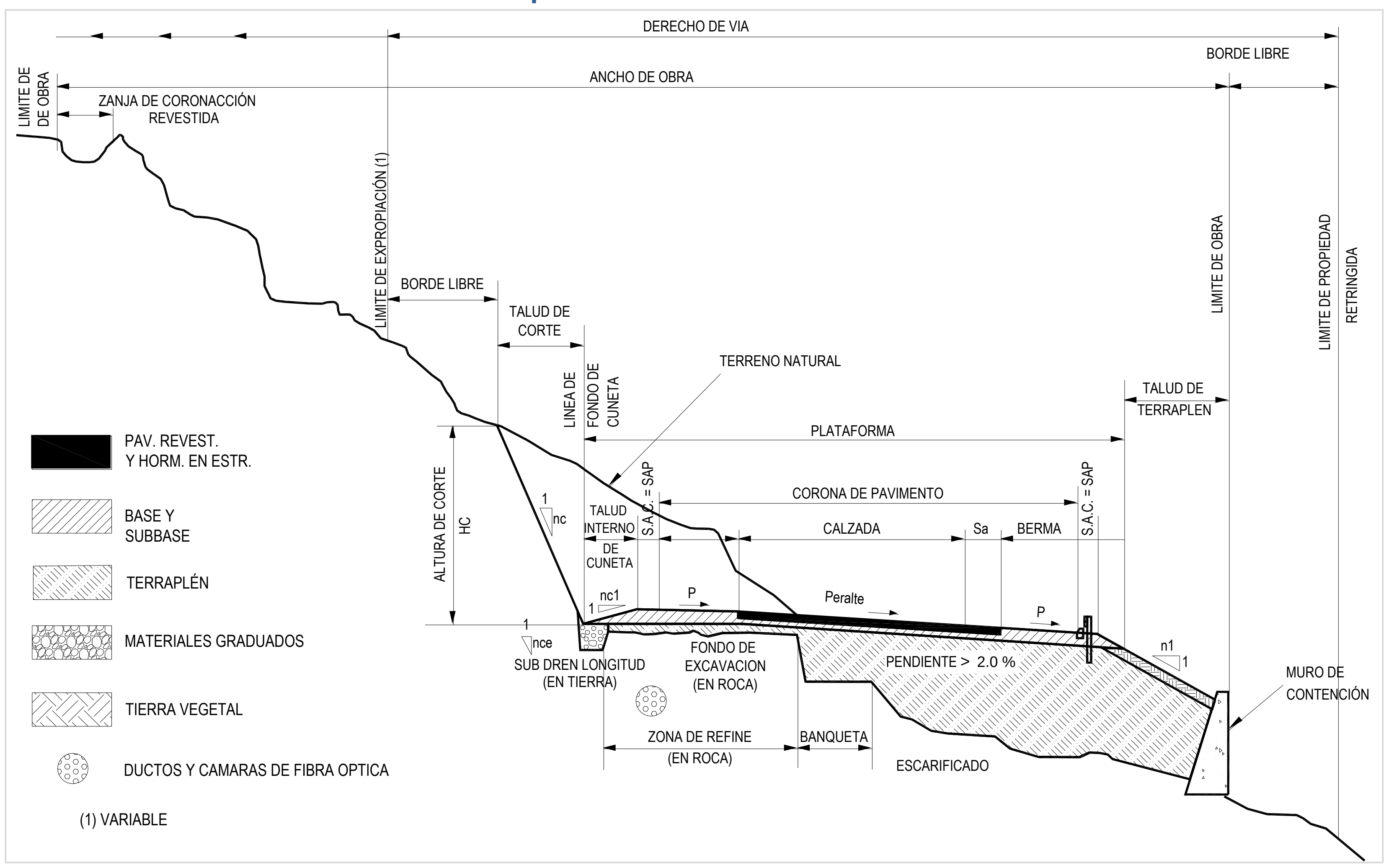


Figura 304.02.A
Sección transversal típica con calzada de dos carriles en poblaciones con zona comercial

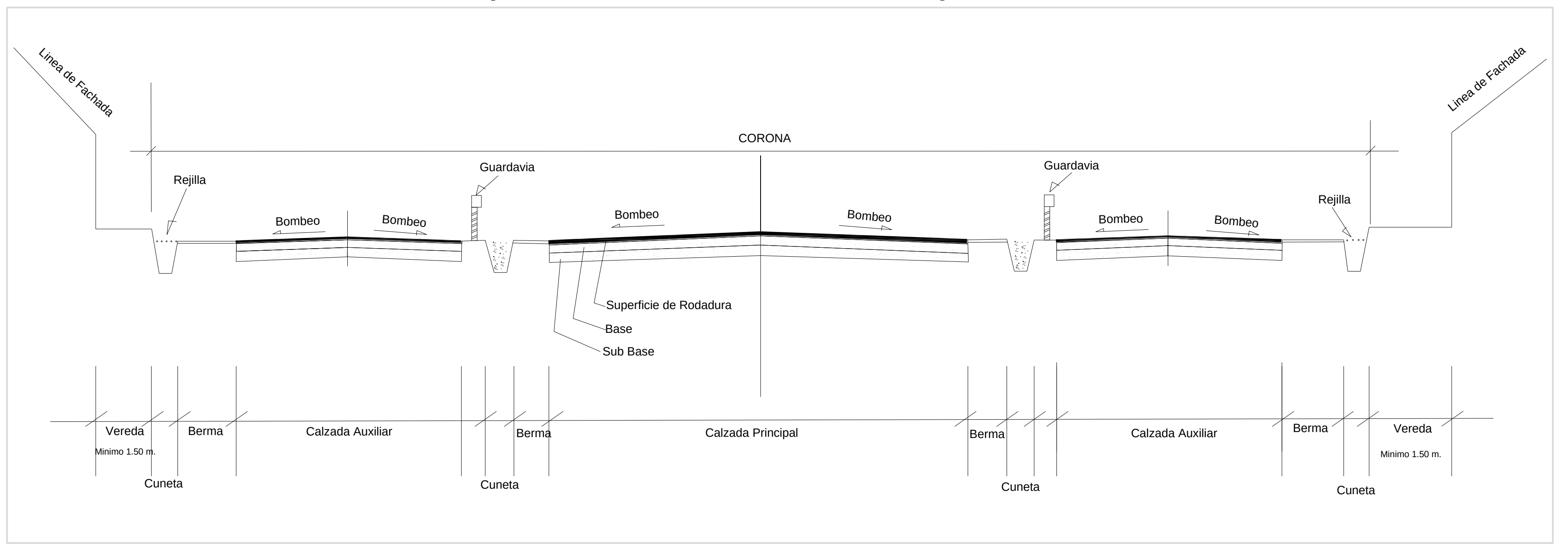


Figura 304.02 B
Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales

DERECHO DE VIA MAS ZONA DE PROPIEDAD RESTRINGIDA

DERECHO DE VIA

ANCHO DE OBRA ACTUAL

ZANJA DE CORONACIÓN REVESTIDA (DE SER NECESARIO)

HOLGURA

BORDE LIBRE

TALUD DE CORTE (SEGUNDO)

TERRENO NATURAL

BANQUETA

TALUD DE CORTE (PRIMERO)

ALTURA DEL SEGUNDO CORTE H = (2)

Pb(1)

PLATAFORMA

ALTURA TOTAL DEL CORTE Hc

ALTURA DEL PRIMER CORTE Ho (1) 7m MAX.

TALUD EXT. CUNETA

FONDO

CUNETA

TALUD INTERIOR

S.A.C. = SAP

CORONA DE PAVIMENTO

BERMA

CALZADA

CARRILES

SEPARADOR CENTRAL

SAP

TALUD DE TERRAPLEN

ALTURA DE TERRAPLEN (Hc)

ESPESOR DE PAVIMENTO

BORDE LIBRE

ZANJA DE DRENAJE

CAMINO DE SERVICIO (FUTURO)

HOLGURA

REPOSICION DE SERVICIO

FONDO EXCAVACION (EN ROCA)

SUB DREN LONG. (EN TIERRA)

pie > 20 %

ESCARIFICADO

(FUTURO) ESCARIFICADO

ZONA DE REFINE

BANQUETAS DE CORTE

ZONA DE SANEO

PAV. REVEST. Y HORM. EN ESTR.

BASE Y SUBBASE

TERRAPLÉN

MATERIALES GRADUADOS

TIERRA VEGETAL

DUCTOS Y CAMARAS DE FIBRA OPTICA

Pb(1): Pendiente transversal de la banqueta = 2%
Pendiente longitudinal de banqueta 3% máximo

SAP : Sobreancho Plataforma

Figura 304.02.C
Sección transversal típica para carretera con calzadas separadas, en población urbana con zonificación comercial.

BORDE LIBRE
DERECHO DE VIA
BORDE LIBRE
ANCHO DE OBRA
LIMITE DE DE OBRA
ZANJA DE CORONACCIÓN REVESTIDA
*
TALUD DE CORTE
LINEA DE FONDO DE CUNETA
TERRENO NATURAL
LIMITE DE OBRA
TALUD DE TERRAPLEN
LIMITE DE PROPIEDAD
RETRINGIDA
PLATAFORMA
CORONA DE PAVIMENTO
S.A.C. = SAP
S.A.C. = SAP
ALTURA DE CORTE
HC
1
nc
TALUD INTERNO DE CUNETA
CALZADA
Sa
BERMA
nc1
1
P
Peralte
P
n1
1
*
1
nce
SUB DREN LONGITUD (EN TIERRA)
FONDO DE EXCAVACION (EN ROCA)
PENDIENTE > 2.0 %
MURO DE CONTENCIÓN
ZONA DE REFINE (EN ROCA)
BANQUETA
ESCARIFICADO

PAV. REVEST. Y HORM. EN ESTR.
BASE Y SUBBASE
TERRAPLÉN
MATERIALES GRADUADOS
TIERRA VEGETAL
DUCTOS Y CAMARAS DE FIBRA OPTICA

* IGUALES DISTANCIAS

Figura 304.02.D
Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en zona urbana.

DERECHO DE VIA

℄

LIMITE DE VIVIENDA PROPIEDAD PRIVADA

VEREDA

CUNETA

SARDINEL PERALTADO

CICLOVIA

SARDINEL PERALTADO

CALZADA AUXILIAR

CARRILES AUXILIARES

ANCHO DE TRABAJO

SISTEMAS DE CONTENCIÓN

BERMA

CALZADA PRINCIPAL

CARRILES PRINCIPALES

BERMA

ANCHO DE TRABAJO

SISTEMAS DE CONTENCIÓN

CALZADA AUXILIAR

CARRILES AUXILIARES

BOLARDOS

CICLOVIA

SARDINEL PERALTADO

CUNETA

VEREDA

LIMITE DE VIVIENDA PROPIEDAD PRIVADA

PAV. REVEST. Y HORM. EN ESTR.

MATERIALES GRADUADOS

BASE Y SUBBASE

TIERRA VEGETAL

TERRAPLÉN

DUCTOS Y CAMARAS DE FIBRA OPTICA

304.03 Calzada o superficie de rodadura

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma. La calzada se divide en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

El número de carriles de cada calzada se fijará de acuerdo con las previsiones y composición del tráfico, acorde al IMDA de diseño, así como del nivel de servicio deseado. Los carriles de adelantamiento, no serán computables para el número de carriles. Los anchos de carril que se usen, serán de 3,00 m, 3,30 m y 3,60 m.

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

En autopistas: El número mínimo de carriles por calzada será de dos.

En carreteras de calzada única: Serán dos carriles por calzada.

304.03.01 Ancho de la calzada en tangente

El ancho de la calzada en tangente, se determinará tomando como base el nivel de servicio deseado al finalizar el período de diseño. En consecuencia, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio.

En la **Tabla 304.01**, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Tabla 304.01
Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6,000				6,000 – 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			6.00	6.00
40 km/h																6.60	6.60	6.60	6.00	
50 km/h											7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.00	
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7,20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 500 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

En casos particulares, la vía materia de diseño puede requerir una sección transversal que contenga elementos complementarios, tales como barreras de seguridad u otros, en cuyo caso, se contemplará los anchos adicionales que requiera la instalación de dichos elementos.

304.03.02 Ancho de tramos en curva

A los anchos mínimos de calzada en tangente indicados en la **Tabla 304.01** se adicionarán los sobreanchos correspondientes a las curvas, de acuerdo a lo establecido en el **tópico 302.09**.

304.04 Bermas

Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Cualquiera sea la superficie de acabado de la berma, en general debe mantener el mismo nivel e inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada, y acorde a la evaluación técnica y económica del proyecto, está constituida por materiales similares a la capa de rodadura de la calzada.

Las autopistas contarán con bermas interiores y exteriores en cada calzada, siendo las primeras de un ancho inferior. En las carreteras de calzada única, las bermas deben tener anchos iguales.

Adicionalmente, las bermas mejoran las condiciones de funcionamiento del tráfico y su seguridad; por ello, las bermas desempeñan otras funciones en proporción a su ancho tales como protección al pavimento y a sus capas inferiores, detenciones ocasionales, y como zona de seguridad para maniobras de emergencia.

La función como zona de seguridad, se refiere a aquellos casos en que un vehículo se salga de la calzada, en cuyo caso dicha zona constituye un margen de seguridad para realizar una maniobra de emergencia que evite un accidente.

304.04.01 Ancho de las bermas

En la **Tabla 304.02**, se establece el ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.



Tabla 304.02
Ancho de bermas

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0.50	0.50
40 km/h																1.20	1.20	0.90	0.50	
50 km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

b) Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1.20 m para Autopistas de Segunda Clase

c) Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias, de acuerdo a lo previsto en el **Tópico 304.12**, debiendo reportar al órgano normativo del MTC.

304.04.02 Inclinación de las bermas

En las vías con pavimento superior, la inclinación de las bermas, se regirá según la **Figura 304.03** para las vías a nivel de afirmado, en los tramos en tangente las bermas seguirán la inclinación del pavimento. En los tramos en curva se ejecutará el peralte, según lo indicado en el **Tópico 304.06**.

En el caso de que la berma se pavimente, será necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0,5 m de ancho sin pavimentar. A esta banda se le denomina sobreancho de compactación (s.a.c.) y puede permitir la localización de señalización y defensas.

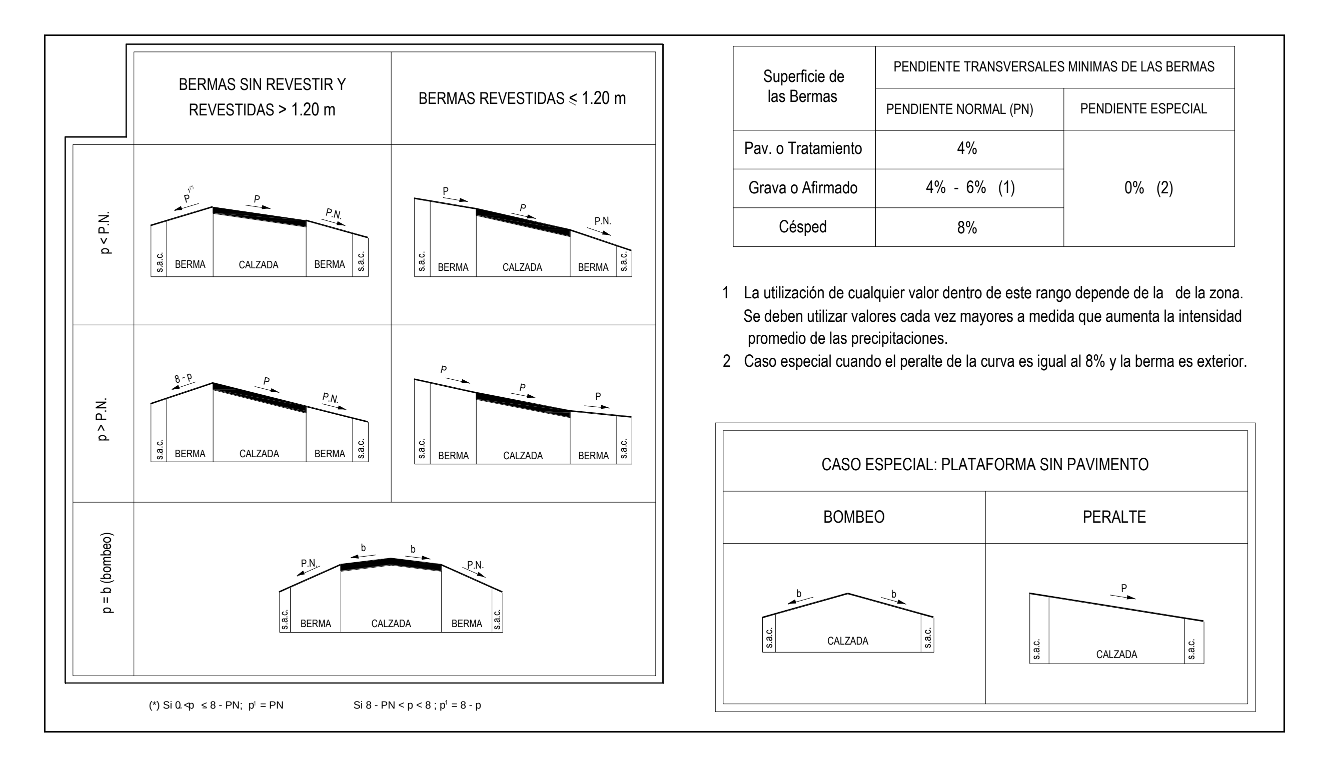
En el caso de las carreteras de bajo tránsito:

- En los tramos en tangentes, las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.
- La berma situada en el lado inferior del peralte, seguirá la inclinación de éste cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%.
- La berma situada en la parte superior del peralte, tendrá en lo posible, una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es igual a 7%, la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7% la berma superior quedará con una inclinación hacia la calzada, igual a la del peralte menos 7%.

Figura 304.03

Pendiente transversal de bermas



304.05 Bombeo

En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

La **Tabla 304.03** especifica los valores de bombeo de la calzada. En los casos dónde indica rangos, el proyectista definirá el bombeo, teniendo en cuenta el tipo de superficies de rodadura y la precipitación pluvial.

Tabla 304.03
Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

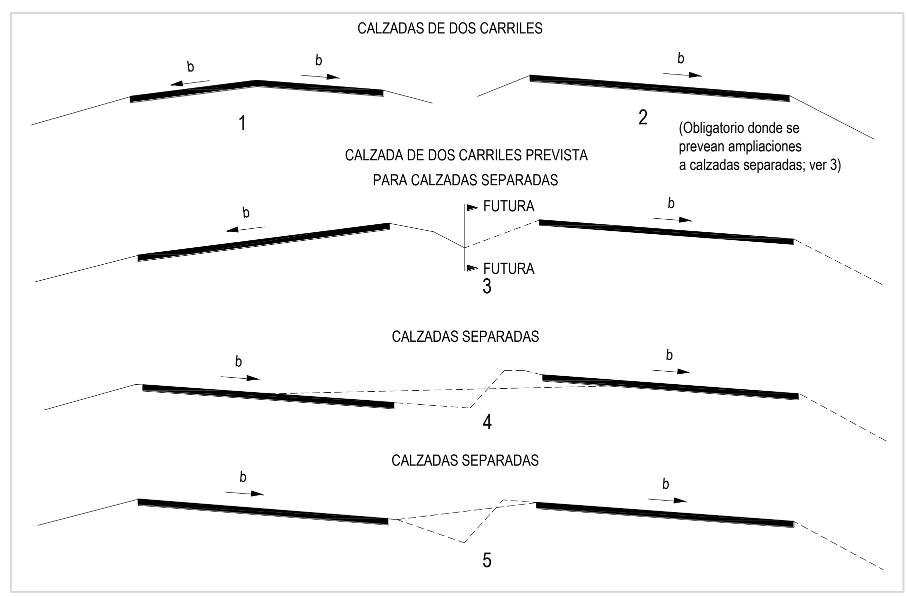
El bombeo puede darse de varias maneras, dependiendo del tipo de carretera y la conveniencia de evacuar adecuadamente las aguas, entre las que se indican:

- La denominada de dos aguas, cuya inclinación parte del centro de la calzada hacia los bordes.
- El bombeo de una sola agua, con uno de los bordes de la calzada por encima del otro. Esta solución es una manera de resolver las pendientes transversales

mínimas, especialmente en tramos en tangente de poco desarrollo entre curvas del mismo sentido.

Los casos antes descritos se presentan en la **Figura 304.04.**

Figura 304.04
Casos de bombeo



304.06 Peralte

Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

304.06.01 Valores del peralte (máximos y mínimos)

Las curvas horizontales deben ser peraltadas; con excepción de los valores establecidos fijados en la **Tabla 304.04**.

Tabla 304.04
Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥100
Radio (m)	3,500	3,500	3,500	7,500

En la **Tabla 304.05** se indican los valores máximos del peralte, para las condiciones descritas:

Tabla 304.05
Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0	8.0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8.0	6.0%	302.05

Para calcular el peralte bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, se utilizará la siguiente fórmula:

$$p = \frac{V^2}{127R} - f$$

Dónde:

p : Peralte máximo asociado a V

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio mínimo absoluto (m)

f : Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

Generalmente, resulta justificado utilizar radios superiores al mínimo, con peraltes inferiores al máximo, por resultar más cómodos tanto para los vehículos lentos (disminuyendo la incidencia de f negativo), como para vehículos rápidos (que necesitan menores f).

El peralte mínimo será del 2%, para los radios y velocidades de diseño indicadas en la **Tabla 304.06**.

Tabla 304.06
Peralte mínimo

Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
V≥100	5,000 ≤ R < 7,500
40 ≤ V < 100	2,500 ≤ R < 3,500

304.06.02 Transición del bombeo al peralte

En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la calzada, desde el bombeo hasta el peralte correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente a lo largo de la longitud de la Curva de Transición.

Cuando no exista Curva de Transición, se desarrolla una parte en la tangente y otra en la curva. La **Tabla 304.07** indica las proporciones del peralte a desarrollar en tangente.

Tabla 304.07
Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente *

p < 4.5%	4.5% < p < 7%	p >7%
0.5 p	0.7 p	0.8 p

(*) Las situaciones mínima y máxima, se permiten en aquellos casos en que por la proximidad de dos curvas, existe dificultad para cumplir con algunas de las condicionantes del desarrollo del peralte.

En curvas de corta longitud o escaso desarrollo, se deberá verificar que el peralte total requerido se mantenga en una longitud al menos igual a V/3.6, expresado en metros (m).

La longitud mínima de transición para dar el peralte, puede calcularse de la misma manera que una espiral de transición y numéricamente sus valores son iguales.

Para pasar del bombeo al peralte en carreteras de calzada única, existen tres procedimientos: El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la calzada; el segundo, en girar la sección sobre el borde interior de la calzada; y el tercero, en girar la sección sobre el borde exterior de la calzada. El primer procedimiento es más

conveniente, por requerir menor longitud de transición y porque los desniveles de los bordes son uniformes; los otros dos casos se emplean en casos especiales.

En autopistas, el procedimiento depende de los anchos de las calzadas y separador central; en general, pueden considerarse los siguientes: Cuando se gira la sección total de la carretera sobre el eje de simetría; cuando, el separador central se mantiene horizontal y cada calzada se gira sobre el borde contiguo al separador central; y cuando, se giran las dos calzadas en torno al eje de cada una de ellas.

304.06.03 Desarrollo del peralte entre curvas sucesivas

Para el desarrollo adecuado de las transiciones de peralte entre dos curvas sucesivas del mismo sentido, deberá existir un tramo mínimo en tangente, de acuerdo a lo establecido en la **Tabla 304.08**.

Tabla 304.08

Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido

Velocidad (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mín. (m)	40	55	70	85	100	110	125	140	155	170	190

304.07 Derecho de Vía o faja de dominio

304.07.01 Generalidades

Es la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario.

La faja del terreno que conforma el Derecho de Vía es un bien de dominio público inalienable e imprescriptible, cuyas definiciones y condiciones de uso se encuentran establecidas en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado con Decreto Supremo Nº 034-2008-MTC y sus modificatorias, bajo los siguientes conceptos:

- Del ancho y aprobación del Derecho de Vía.
- De la libre disponibilidad del Derecho de Vía.
- Del registro del Derecho de Vía.
- De la propiedad del Derecho de Vía.
- De la propiedad restringida.
- De las condiciones para el uso del Derecho de Vía.

304.07.02 Ancho y aprobación del Derecho de Vía

Cada autoridad competente establecida en el artículo 4to del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, establece y aprueba mediante resolución del titular, el Derecho de Vía de las carreteras de su competencia en concordancia con las normas aprobadas por el MTC.

Para la determinación del Derecho de Vía, además de la sección transversal del proyecto, deberá tenerse en consideración la instalación de los dispositivos auxiliares y obras básicas requeridas para el funcionamiento de la vía.

La **Tabla 304.09** indica los anchos mínimos que debe tener el Derecho de Vía, en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

Tabla 304.09
Anchos mínimos de Derecho de Vía

Clasificación	Anchos mínimos (m)
Autopistas Primera Clase	40
Autopistas Segunda Clase	30
Carretera Primera Clase	25
Carretera Segunda Clase	20
Carretera Tercera Clase	16

En general, los anchos de la faja de dominio o Derecho de Vía, fijados por la autoridad competente se incrementarán en 5.00 m, en los siguientes casos:

- Del borde superior de los taludes de corte más alejados.
- Del pie de los terraplenes más altos.
- Del borde más alejado de las obras de drenaje
- Del borde exterior de los caminos de servicio.

Para los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas, la autoridad competente fijará el Derecho de Vía, en función al ancho requerido por la sección transversal del proyecto, debiendo efectuarse el saneamiento físico legal, para cumplir con los anchos mínimos fijados en la **tabla 304.09**; excepcionalmente podrá fijarse anchos mínimos inferiores, en función a las construcciones e instalaciones permanentes adyacentes a la carretera.

304.07.03 Demarcación y señalización del Derecho de Vía

La faja de terreno que constituye el derecho de vía de las carreteras del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC, será demarcada y señalizada por la autoridad competente, durante la etapa de ejecución de los proyectos de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras, delimitando y haciendo visible su fijación a cada lado de la vía con la finalidad de contribuir a su preservación, de acuerdo a lo establecido por la R.M. N° 404-2011-MTC/02, o la norma que se encuentre vigente.

En tal sentido este aspecto debe ser considerado en el estudio definitivo del Proyecto.

304.07.04 Faja de propiedad restringida

A cada lado del Derecho de Vía habrá una faja de terreno denominada Propiedad Restringida, dónde está prohibido ejecutar construcciones permanentes que puedan afectar la seguridad vial a la visibilidad o dificulten posibles ensanches.

El ancho de dicha faja de terreno será de 5.00 m a cada lado del Derecho de Vía, el cual será establecido por resolución del titular de la entidad competente; sin embargo el establecimiento de dicha faja no tiene carácter obligatorio sino dependerá de las necesidades del proyecto, además no será aplicable a los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas. Este ancho podrá ser mayor en los casos que se requiera, el mismo que deberá tener la evaluación técnica correspondiente que lo justifique y sea aprobado por la autoridad competente.

304.08 Separadores

Los separadores son por lo general fajas de terreno paralelas al eje de la carretera, para separar direcciones opuestas de tránsito (separador central) o para separar calzadas del mismo sentido del tránsito. El separador está comprendido entre las bermas o cunetas interiores de ambas calzadas.

Aparte de su objetivo principal, independizar la circulación de las calzadas, el separador puede contribuir a disminuir cualquier tipo de interferencia como el deslumbramiento nocturno, o como zona de emergencia en caso de despiste.

En terreno plano u ondulado el ancho del separador suele ser constante, con lo que se mantiene paralelas las dos calzadas. En terreno accidentado, el ancho del separador central es variable.

Se debe prever en el diseño que el separador tenga un apropiado sistema de drenaje superficial.

En Autopistas de Primera Clase el separador central tendrá un ancho mínimo de 6.00 m y en las Autopistas de Segunda Clase, variará de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular. Por lo general los separadores laterales deben tener un ancho menor que el separador central.

304.09 Gálibo

En carreteras, se denomina Gálibo a la Altura Libre que existe entre la superficie de rodadura y la parte inferior de la superestructura de un puente carretero, ferroviario o peatonal. Dicha altura para el caso de túneles, se mide según lo indicado en la **Figura 304.05**.

En puentes sobre cursos de agua se denomina Altura Libre, y es la que existe entre el nivel máximo de las aguas y la parte inferior de la superestructura de un puente.

Dicho Gálibo para el caso de las carreteras será 5.50 m como mínimo. Para el caso de los puentes sobre cursos hídricos, la Altura Libre será determinada por el diseño particular de cada Proyecto, que no será menor a 2.50 m.

Para los puentes sobre cursos navegables, se diseñará alturas libres acorde a las características y dimensiones de las naves que harán uso de la vía.

Cuando una carretera pase debajo de una estructura vial, su sección transversal debe permanecer inalterada y los estribos o pilares de la obra debajo de la cual pasa, deberán encontrarse fuera de las bermas y/o de las cunetas.

En la **Figura 304.05** se muestran casos típicos de gálibos y luces libres laterales.

Figura 304.05
Sección típica de túnel

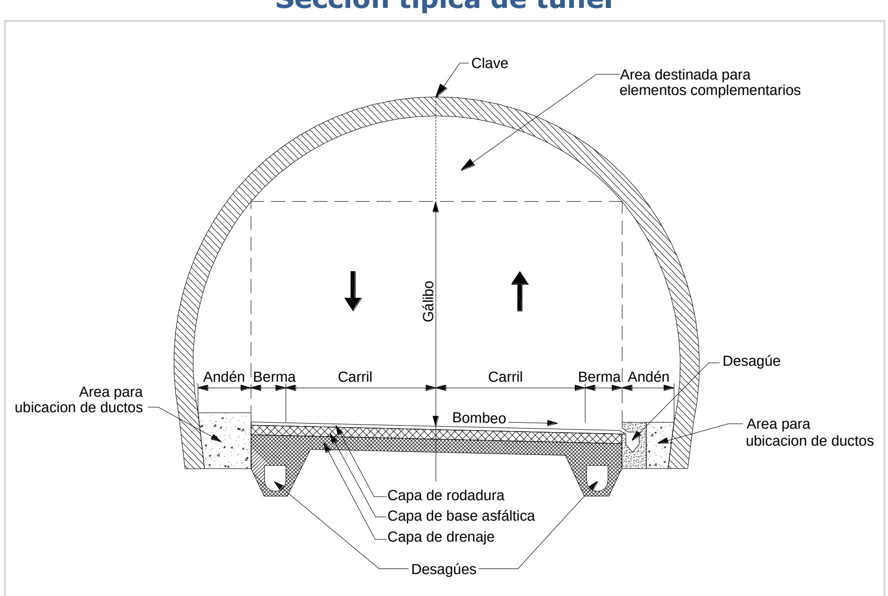


Figura 304.06

Casos de Gálibos (LL.V.) y Luces libres laterales (LL)

LUCES LIBRES EN CALZADAS SEPARADAS

A

0.5 m
LLV.2.5 m
LL.V. 5.50 m
LL.D
CALZADA
LL.I
ACERA(1)

0.5 m
LL.V. 5.50 m
LLV.2.5 m
LLI
CALZADA
LLD
ACERA(1)

C

LL.V. 5.50 m
CARRILES NORMALES
CARRIL AUXILIAR
CALZADA
LLD
LLD (2)

LUCES LIBRES LATERALES EN CALZADAS UNICAS

B

0.5 m
0.5 m
LLV.2.5 m
LL.V. 5.50 m
LLV.2.5 m
(1)
LLD
CALZADA
LLD
(1)
ACERA
ACERA

(1)
Para peatones o bicicletas. Si no se necesita, L.L.D.- se trata como en la Figura C.

(2)
Si hubiese acera, rigen los detalles correspondientes de las Figura A y B

Nota: Las dimensiones mínimas de las luces libres laterales (LL) están en función de la sección transversal del Proyecto.

304.10 Taludes

El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal.

Los taludes para las secciones en corte, variarán de acuerdo a las características geomecánicas del terreno; su altura, inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento, se determinarán en función al estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según sea el caso, con la finalidad de determinar las condiciones de su estabilidad, aspecto que debe contemplarse en forma prioritaria durante el diseño del proyecto, especialmente en las zonas que presenten fallas geológicas o materiales inestables, para optar por la solución más conveniente, entre diversas alternativas.

La **Figura 304.07** ilustra una sección transversal típica en tangente a media ladera, que permite observar hacia el lado derecho, el talud de corte y hacia el lado izquierdo, el talud del terraplén.

Figura 304.07
Sección transversal típica en tangente

Caso particular
Cambio de talud en relleno
Ampliacionde terraplén existente

CALZADA
TALUD NUEVO
H
V
V = 1 m
H = 1.50 m
RELLENO NATURAL
TALUD ANTIGUO

La pendiente longitudinal máx. de las banquetas será 3%. Usese la misma del camino cuando sea menos de 3%

terreno original

Cada banqueta subsiguiente a 10 m.

Las banquetas serán sembradas en todo su ancho

3.00
V
H
2%

7.00 MT. MÁX.

PLATAFORMA DE SUBRASANTE

SA BERMA CARRIL

Superficie de rodadura

SOBREANCHO PLATAFORMA

2% 2%

Base

Subbase

V
H

Se requiere banquetas en los cortes de tierra mayor a los 7 m de altura. Toda las banquetas deberán tener senderos de acceso para el empleo de equipo de mantenimiento liviano

3.00
mínimo
4%
P
V 3:1(V:H)
H

Se requiere banquetas de corte en laderas para facilitar la compactación del terraplén y así evitar deslizamientos.
P: Pendiente de talud de terraplén o terreno natural

Para P (PENDIENTE) = 20%

La **Tabla 304.10**, muestra valores referenciales de taludes en zonas de corte.

Tabla 304.10
Valores referenciales para taludes en corte
(Relación H: V)

Clasificación de materiales de corte		Roca fija	Roca suelta	Material		
				Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	<5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 - 1:3	1:1	2:1
	5–10 m	1:10	1:4–1:2	1:1	1:1	*
	>10 m	1:8	1:2	*	*	*

(*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad.

A continuación, en la **Figura 304.08**, **Figura 304.09 y Figura 304.10**, se muestran casos típicos de tratamiento, alabeo y redondeo de taludes.

Figura 304.08
Tratamiento de taludes tipo

Talud de corte y talud del terreno en Direcciones Opuestas

$R = 20\left(\frac{1}{CS} + \frac{1}{GS}\right)$

$h = \frac{R}{80}$

Loma

℄

B

R R

Talud Natural del Terreno

i

g

CS

I

R R

A

h

CS

1

Loma Residual

Talud de corte y talud del terreno en la misma direccion.

$R = 20\left(\frac{1}{CS} - \frac{1}{GS}\right)$

$h = \frac{R^2}{80}$

CORTE CERRADO CON TALUDES REDONDEADOS

℄

Berma Ensanchada

Plataforma Normal

1.5 : 1

2:1 o más tendido (4:1 si es posible)

Talud Original de Relleno

ELIMINACION DE RESIDUOS

INCORRECTO

CORRECTO

℄

Redondeo

Talud Natural

CORTE EN CAJÓN CON EL LADO IZQUIERDO "ABIERTO"

℄

Talud Original

Talud Original

1:1.5 o más tendido

Agua Estacionada

Variable

Var.

ENSANCHE DE CORTE PARA PRÉSTAMOS

INCORRECTO

CORRECTO

℄

Redondeo

10:1

Talud Natural

Relleno de cavidad

RELLENO DE CAVIDAD ENTRE LA LADERA Y EL RELLENO MISMO

NOTA .-- EN CASO QUE LA ALTURA DEL TALUD REQUIERA BANQUETAS DE ACUERDO CON EL MANUAL AMBIENTAL DEL MTC, EL REDONDEO SE HARA EN CADA VERTICE GENERADO POR CADA BANQUETA.

Figura 304.09
Alabeo de taludes en transiciones de corte y relleno

Figura 304.10
Tratamiento de boca acampanada y relleno abocinado en la entrada al corte

BOCA ACAMPANADA DE CORTE DERECHO
ABOCINADO DEL RELLENO DERECHO
CUNETA NORMAL
1.0
PENDIENTE DE CUNETA NO MENOR DE -0.5 %
1.0
c
Variable
10:1
REDONDEO
LADERA
A
BOCA ACAMPANADA DE CORTE
B
ABOCINADO DEL RELLENO IZQUIERDO
BERMA NORMAL DE RELLENO



Los taludes en zonas de relleno (terraplenes), variarán en función de las características del material con el cual está formado. En la **Tabla 304.11** se muestra taludes referenciales.

Tabla 304.11
Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1.5	1:1.75	1:2
Arena	1:2	1:2.25	1:2.5
Enrocado	1:1	1:1.25	1:1.5

El cambio de un talud a otro debe realizarse mediante una transición la cual por lo general se denomina alabeo.

En las transiciones de cortes de más de 4.00 m de altura a terraplén, o viceversa, los taludes de uno y otro deberán tenderse, a partir de que la altura se reduzca a 2.00 m, en tanto que la longitud de alabeo no debe ser menor a 10.00 m.

Si la transición es de un talud a otro de la misma naturaleza, pero con inclinación distinta, el alabeo se dará en un mínimo de 10.00 m.

La parte superior de los taludes de corte, se deberá redondear para mejorar la apariencia de sus bordes.

304.11 Cunetas

Son canales construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y subsuperficiales, procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes, a fin de proteger la estructura del pavimento.

La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal, rectangular o de otra geometría que se adapte mejor a la sección transversal de la vía y que prevea la seguridad vial; revestidas o sin revestir; abiertas o cerradas, de acuerdo a los requerimientos del proyecto; en zonas urbanas o dónde exista limitaciones de espacio, las cunetas cerradas pueden ser diseñadas formando parte de la berma.

Las dimensiones de las cunetas se deducen a partir de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta su pendiente longitudinal, intensidad de precipitaciones pluviales, área de drenaje y naturaleza del terreno, entre otros.

Los elementos constitutivos de una cuneta son su talud interior, su fondo y su talud exterior. Este último, por lo general coincide con el talud de corte.

Las pendientes longitudinales mínimas absolutas serán 0.2%, para cunetas revestidas y 0.5% para cunetas sin revestir.

Si la cuneta es de material fácilmente erosionable y se proyecta con una pendiente tal que le infiere al flujo una velocidad mayor a la máxima permisible del material constituyente, se protegerá con un revestimiento resistente a la erosión.

Se limitará la longitud de las cunetas, conduciéndolas hacia los cauces naturales del terreno, obras de drenaje transversal o proyectando desagües dónde no existan.

304.12 Secciones transversales particulares

Comprende a los puentes, túneles, ensanche de plataforma y otros.

Sin perjuicio de otras limitaciones más restrictivas, no se podrá diseñar ningún tipo de intersecciones a nivel o desnivel, ni modificación del número de carriles, en los doscientos cincuenta metros (250 m) antes del inicio y después del final de un tramo afectado por una sección transversal particular, cuyos casos se describe a continuación.

304.12.01 Puentes

La sección transversal de los puentes, mantendrá la sección típica de diseño de la carretera en la cual se encuentra el puente. Dicha sección comprende también las bermas.

Los puentes además deberán estar dotados de veredas, cuyo inicio será a partir del borde exterior de las bermas y tendrán un ancho mínimo 0.75 m.

304.12.02 Túneles

La sección transversal está constituida por la bóveda del túnel, la cual debe mantener la sección típica de diseño de la carretera en la cual se encuentra el túnel, incluyendo bermas, cunetas, veredas y otros, según corresponda. En lo relativo al Gálibo, se aplica lo establecido en el Manual de Carreteras: Túneles, Muros y Obras Complementarias vigente.

304.12.03 Ensanche de plataforma

En las carreteras dónde las bermas tengan anchos menores a 2.60 m, se deberá prever como medida de seguridad vial, áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera (en forma alternada), destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias. Los ensanches deben diseñarse contemplando transiciones de ingreso y salida.

Las dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma, se muestran en la **Tabla 304.12**.

Tabla 304.12
Dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma

Orografía	Dimensiones mínimas		Separación máxima a cada lado (m)		
	Ancho (m)	Largo (m)	Carretera de Primera Clase	Carretera de Segunda Clase	Carretera de Tercera Clase
Plano	3.0	30.0	1,000	1,500	2,000
Ondulado	3.0	30.0	1,000	1,500	2,000
Accidentado	3.0	25.0	2,000	2,500	2,500
Escarpado	2.5	25.0	2,000	2,500	2,500

Podrán diseñarse áreas de ensanche de la plataforma o cercanas a ésta, denominadas “Miradores Turísticos”, las cuales por seguridad vial, deben contar con ingresos y salidas y/o transiciones, según corresponda.

304.12.04 Carriles de aceleración y deceleración

Se proyectarán secciones transversales particulares para los siguientes casos:

- Ingresos y salidas de autopistas.

- Ingresos y salidas de carreteras de Primera Clase, con velocidades de diseño mayores a 60 km/h.
- En zonas de volteo y cualquier otro caso, previa justificación técnica.

Las consideraciones de diseño y el dimensionamiento será similar al normado en los acápites correspondientes del Diseño Geométrico de Intersecciones.

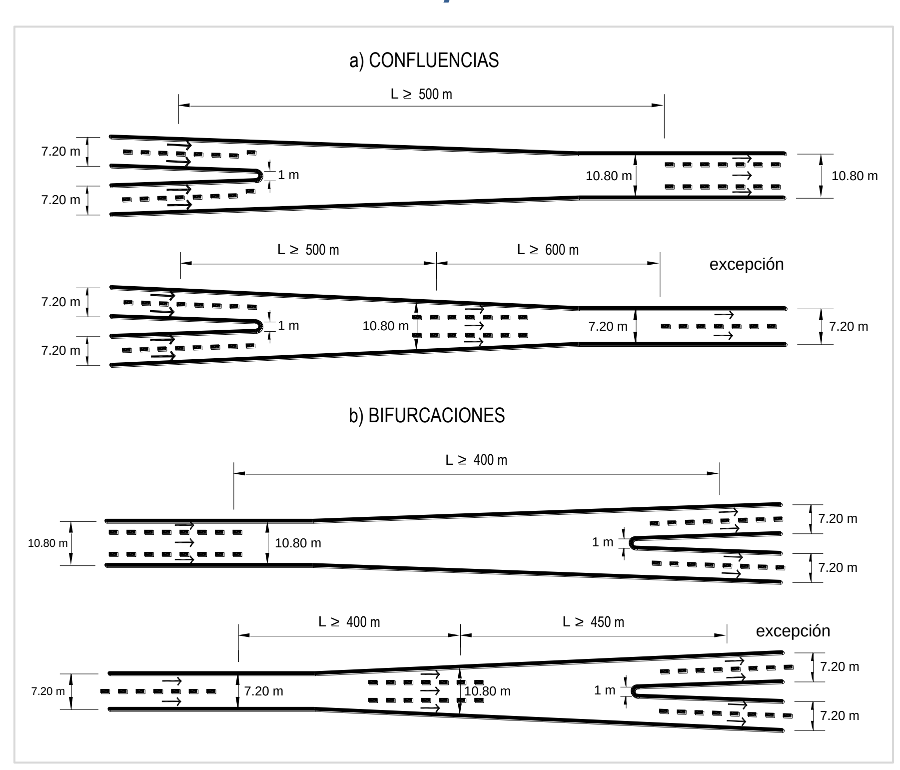
304.12.05 Confluencias y bifurcaciones

En las confluencias y bifurcaciones, la cotangente del ángulo entre los bordes de la calzada deberá ser como máximo, sesenta y cinco (65°) para confluencias y cincuenta (50°) para bifurcaciones.

El número de carriles en la calzada común antes de una bifurcación (o después de una confluencia), no debe diferir de la suma del número de carriles después de la bifurcación (o antes de la confluencia) en más de una (1) unidad. Excepcionalmente, en casos técnicamente justificados y previa aprobación de la unidad ejecutora del proyecto, la indicada diferencia podrá ser de dos (2) unidades como máximo.

Las longitudes indicadas en la **Figura 304.11**, serán las mínimas medidas entre la última sección de la calzada común (antes de una bifurcación o después de una confluencia), y la sección en que las calzadas distan un metro (1 m) entre sí (después de una bifurcación o antes de una confluencia).

Figura 304.11
Confluencias y bifurcaciones



CAPITULO IV
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CASOS ESPECIALES

SECCIÓN 401
Diseño geométrico de puentes

Por lo general la localización o ubicación de los puentes, está determinada por el diseño geométrico de la vía y la topografía del terreno, no obstante en algunos casos puede ser necesario efectuar ajustes al trazo a fin de dar una ubicación más adecuada y segura de la estructura.

El diseño geométrico de puentes, debe cumplir las disposiciones contenidas en el Manual de Puentes vigente, debiendo tener en consideración lo siguiente:

- El alineamiento de la carretera en el tramo de ubicación del puente, puede ser curvo y no necesariamente perpendicular al curso de agua, quebrada u obstáculo que se desea superar.
- El peralte de los puentes localizados en curvas horizontales o zonas de transición debe cumplir con el diseño geométrico especificado en la vía y no debe superar el valor máximo permitido.

SECCIÓN 402
Diseño geométrico de túneles

Por lo general la localización o ubicación de los túneles, está determinada por el diseño geométrico de la vía y la topografía del terreno, no obstante en algunos casos puede ser necesario efectuar ajustes al trazo a fin de dar una ubicación más adecuada y segura de la estructura.

El diseño geométrico de túneles, debe cumplir las disposiciones contenidas en el Manual de Carreteras: Túneles, Muros y Obras Complementarias vigente, debiendo tener en consideración lo siguiente:

- El alineamiento de la carretera en el tramo de ubicación del túnel, puede ser curvo.
- El peralte de los túneles localizados en curvas horizontales, debe cumplir con el diseño geométrico especificado en la vía y no debe superar el valor máximo permitido.
- En el diseño: Las condicionantes geológicas y geotécnicas de la zona, la cobertura del túnel, impacto ambiental, aspectos de seguridad, metodología de construcción y otros.

SECCION 403
Pasos a desnivel para peatones

Pueden ser elevados, también denominados "puentes peatonales" o subterráneos, para cuyo diseño geométrico, se tomarán en consideración los criterios generales indicados en la **Tabla 403.01**.

Tabla 403.01
Criterios generales para el diseño geométrico de pasos a desnivel para peatones

Descripción	Pasos Inferiores	Pasos Superiores
Capacidad	3000 peatones/hora/metro de ancho	3000 peatones/hora/metro de ancho
Ancho	Mínimo 2.50 m	Mínimo 2.50 m
Altura	Mínimo 2.50 m	
Gálibo	--------	Mínimo 5.50 m
Altura de las barandas	--------	Mínimo 1.20 m

Los accesos a los pasos peatonales a desnivel, estarán provistos de escaleras y rampas para el tránsito de personas con discapacidad, cuyas características generales se indican en la **Tabla 403.02**.

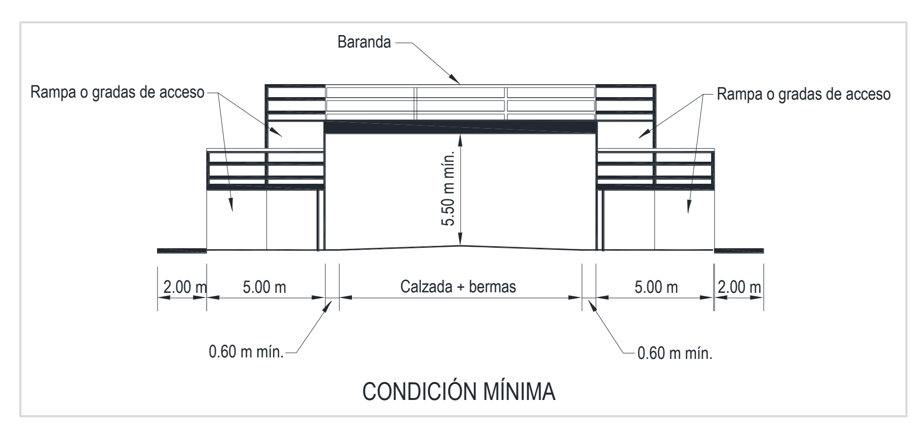
Tabla 403.02
Características generales de los accesos a pasos peatonales a desnivel

Descripción	Escalera	Rampa
Pendiente	40 a 60%	5 a 15%
Ancho Mínimo	2,00 m	2,50 m
Capacidad	25 a 40 peatones/metro/minuto	$C = d\,v\,(1 - i / 100)$ C = Capacidad (peatones / metro /segundo) d = densidad (peatones / m^2) v = velocidad (metros / segundo) i = pendiente

Nota: Los valores indicados en la tabla están referidos a la evaluación de capacidad y análisis de servicio, mas no para análisis estructural.

La zona de acceso, debe tener un ancho mínimo de 5.00 m, tal como se muestra en la **Figura 403.01**, siendo conveniente ubicarla al lado de la calzada. Si se ubica en el centro de la zona de acceso, debe dejarse, a cada lado un espacio peatonal de al menos 2.00 m de ancho.

Figura 403.01
Acceso a pasos a desnivel peatonal



Para el diseño de puentes peatonales se debe tomar en cuenta lo establecido en el anexo sobre el particular en el Manual de Puentes.

CAPITULO V
DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES

SECCIÓN 501
Generalidades

La solución de una intersección vial depende de una serie de factores asociados fundamentalmente a la topografía, las particularidades geométricas de las vías que se cruzan, la capacidad de las vías y las características del flujo vehicular. Como generalmente existen varias soluciones, deben evaluarse alternativas y seleccionar la más conveniente.

La presente norma, no restringe los tipos de solución por adoptar para una intersección, por lo que en el diseño se evaluarán las alternativas más adecuadas para las condiciones particulares del proyecto.

Las intersecciones viales pueden ser a nivel o desnivel, entre carreteras o con vías férreas, en función a las características de las vías que se cruzan y los requerimientos del diseño geométrico del proyecto.

Sección 502
Intersecciones a nivel

Es una solución de diseño geométrico a nivel, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas, que contienen áreas comunes o compartidas que incluyen las calzadas, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos necesarios de cambios de trayectoria.

Las intersecciones a nivel son elementos de discontinuidad, por representar situaciones críticas que requieren tratamiento específico, teniendo en consideración que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos.

Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones de seguridad, visibilidad y capacidad, posibles.

502.01 Denominación y tipos de intersección a nivel

Las Intersecciones a nivel tienen una gran variedad de soluciones, no existiendo soluciones de aplicación general, por lo que en la presente norma se incluyen algunas soluciones más frecuentes.

Una Intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto. En la **Tabla 502.01**, se presentan los tipos básicos de Intersección a nivel.

Tabla 502.01
Tipos de intersección a nivel

Intersección	Ramales	Ángulos de cruzamiento
En T	tres	entre 60º y 120º
En Y	tres	< 60º y >120º
En X	cuatro	< 60º
En +	cuatro	>60º
En estrella	más de cuatro	-
Intersecciones Rotatorias o rotondas	más de cuatro	-

Cada uno de estos tipos básicos puede variar considerablemente en forma, desarrollo o grado de canalización, como se muestra en la **Figura 502.01**.

Figura 502.01
Variedad de tipos de intersección a nivel

DE TRES RAMALES
EMPALME EN T
SIMPLE
ENSANCHADA
CANALIZADAS
EMPALME EN Y
SIMPLE
CANALIZADAS
DE CUATRO RAMALES
INTERSECCION EN +
SIMPLE
ENSANCHADA
CANALIZADA
INTERSECCION EN X
SIMPLE
ENSANCHADA
CANALIZADA
VEASE FIGURA 501.01
ESPECIALES
EN ESTRELLA
ROTONDA

502.02 Criterios de diseño

La mejor solución para una intersección a nivel, es la más simple y segura posible. Esto significa que cada caso debe ser tratado cuidadosamente, recurriendo a todos los elementos de que se dispone (ensanches, islas o isletas, carriles auxiliares, etc.), con el criterio de evitar maniobras difíciles o peligrosas y recorridos innecesarios. En tal proceso, es necesario tener presente los siguientes criterios generales:

502.02.01 Criterios generales

- **Preferencia de los movimientos más importantes.**
  En el diseño, debe especificarse la(s) vía(s) principales y secundarias con el fin de determinar la preferencia y las limitaciones del tránsito vehicular.

- **Reducción de las áreas de conflicto.**
  En las intersecciones a nivel no debe proyectarse grandes áreas pavimentadas, ya que ellas inducen a los vehículos y peatones a movimientos erráticos y confusión, con el consiguiente peligro de ocurrencia de accidentes.
- **Perpendicularidad de las intersecciones.**
  Las Intersecciones en ángulo recto, por lo general son las que proporcionan mayor seguridad, ya que permiten mejor visibilidad a los conductores y contribuyen a la disminución de los accidentes de tránsito.
- **Separación de los movimientos.**
  Cuando el diseño del proyecto lo requiera, la intersección a nivel estará dotada de vías de sentido único (carriles de aceleración o deceleración), para la separación del movimiento vehicular.
- **Canalización y puntos de giro.**
  Además de una adecuada señalización horizontal y vertical acorde a la normativa vigente, la canalización y el diseño de curvas de radio adecuado, contribuyen a la regulación de la velocidad del tránsito en una intersección a nivel. Asimismo, la canalización permite evitar giros en puntos no convenientes, empleando islas marcadas en el pavimento o con sardineles, los cuales ofrecen mayor seguridad.
- **Visibilidad**
  La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección, debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto, debe existir como mínimo, la distancia de visibilidad de parada.

502.02.02 Consideraciones de tránsito

Las principales consideraciones del tránsito que condicionan la elección de la solución a adoptar, son las siguientes:

- Volúmenes de tránsito, que confluyen a una intersección, su distribución y la proyección de los posibles movimientos, para determinar las capacidades de diseño de sus elementos.
- La composición de los flujos por tipo de vehículo, sus velocidades de operación y las peculiaridades de sus interacciones mientras utilizan el dispositivo.
- Su relación con el tránsito peatonal y de vehículos menores, así como con estadísticas de accidentes de tránsito.

Al proyectar una carretera con un determinado número de intersecciones o acondicionar las existentes, deben evaluarse sus capacidades, a fin de evitar el sub dimensionamiento que puede perjudicar el nivel de servicio.

502.02.03 Demanda y modelación

La demanda es la variable de tránsito más gravitante en el diseño de una intersección, puesto que la capacidad resultante de dicho diseño deberá satisfacerla. Esto implica el dimensionamiento en términos geométricos y estructurales de sus unidades constitutivas, la operación de semáforos si tal elemento de control existe en los tramos dónde la carretera atraviesa zonas urbanas, y su coordinación, si la intersección forma parte de un eje o una red así regulada.

La satisfacción de la demanda, deberá considerar las condiciones actuales y su proyección al año de diseño del proyecto, de manera que satisfaga el nivel de servicio y el flujo vehicular, en conformidad con la normativa vigente.

502.02.04 Elección del tipo de control

El diseño de las intersecciones a nivel, determinará el tipo y características de los elementos de señalización y dispositivos de control de tránsito que estarán provistos, con la finalidad de facilitar el tránsito vehicular y peatonal, acorde a las disposiciones del "Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras", vigente.

El indicado diseño debe tener en consideración los siguientes factores:

- Tránsito en la vía principal
- Tránsito en la vía secundaria incidente.
- Tiempos de llegada y salida de los vehículos en ambas vías (intervalo crítico).
- Porcentaje de "esperas vehiculares" en la vía secundaria por efectos del tránsito.

502.03 Visibilidad de cruce

502.03.01 Triángulo de visibilidad

El triángulo de visibilidad, es la zona libre de obstáculos, que permite a los conductores que acceden simultáneamente a una intersección a nivel, verse mutuamente a una distancia tal, que permita la maniobra de cruce con seguridad. La Figura 502.02, muestra ejemplos de triángulos de visibilidad.

Figura 502.02
Triángulos de visibilidad

Cualquier objeto que quede dentro del triángulo de visibilidad requerida, debe removerse o reducirse a una altura límite, la cual debe establecerse durante el diseño para cada caso.

Si el triángulo de visibilidad es imposible de obtener, se debe limitar la velocidad de aproximación a valores compatibles con la visibilidad existente.

502.03.02 Triángulo mínimo de visibilidad

El triángulo mínimo de visibilidad seguro, corresponde a la zona que tiene como lado sobre cada camino, una longitud igual a la distancia de visibilidad de parada.

Cuando no se dispone de una visibilidad adecuada, un conductor puede acelerar, decelerar o detenerse en la intersección, y para cada uno de dichos casos, la relación espacio – tiempo – velocidad, indica el triángulo de visibilidad que se requiere libre de obstáculos, y permite establecer las modificaciones de las velocidades de aproximación.

Después que un vehículo se ha detenido en una intersección, su conductor debe tener suficiente visibilidad para poder concretar una salida segura, a través del área común del cruce. El diseño de la intersección, deberá proveer visibilidad adecuada para cualquiera de las varias maniobras posibles en ella, tales como cruzar la vía que se intersecta o ingresar a ella.

502.03.03 Efecto del esviaje del cruce en el triángulo de visibilidad

Cuando sea técnica y económicamente factible, se deberá optar, en las intersecciones esviadas, por una rectificación de los ángulos de cruzamiento, teniendo a la intersección en ángulo cercano a 90°. Se considerarán inconvenientes los ángulos inferiores a 60º o superiores a su suplemento.

Si dos carreteras se cruzan bajo un ángulo inferior a 60º, algunos de los factores que determinan los rangos de visibilidad, resultan modificados.

En la intersección esviada de la **Figura 502.02**, se muestra cómo varía la condición de los triángulos de visibilidad para las correspondientes distancias da y db.

En el cuadrante que presenta ángulo obtuso, el ángulo que forma la línea límite de visibilidad con la trayectoria del vehículo es pequeño, lo que permite al conductor, la total visibilidad a través del triángulo, con un pequeño movimiento de cabeza. Por el contrario en el cuadrante que presente ángulo agudo, el conductor debe hacer un esfuerzo considerable para dominar la totalidad de la zona.

502.04 Señalización de intersecciones

El diseño debe contemplar que toda intersección a nivel, esté provista de las señales informativas, preventivas, restrictivas y demás dispositivos, de acuerdo a lo establecido en el "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras", vigente.

La señalización en la intersección misma, será considerada restrictiva y responderá a los siguientes criterios:

- La importancia de un camino prevalecerá sobre la del otro, y, por tanto, uno de ellos deberá enfrentar un signo PARE o una señal CEDA EL PASO, cuya elección se hará teniendo presente las siguientes consideraciones:
  - Cuando exista un triángulo de visibilidad adecuada a las velocidades de diseño de ambos caminos y las relaciones entre flujos convergentes no exijan una prioridad absoluta, se usará el signo CEDA EL PASO.
  - Cuando el triángulo de visibilidad obtenido, no cumpla con los mínimos requeridos para la velocidad de aproximación al cruce, o bien la relación de los flujos de tránsito aconseje otorgar prioridad absoluta al mayor de ellos, se utilizará el signo PARE.
  - Cuando las intensidades de tránsito en ambos caminos, sean superiores a las aceptables para regulación por signos fijos (Pare o Ceda el Paso), se deberá recurrir a un estudio técnico-económico que establezca la solución más conveniente. En cruces de carretera por zonas urbanas, se contemplará el uso de semáforos.

502.05 Intersecciones sin canalizar

Cuando el espacio disponible para la intersección sea reducido, se podrán utilizar intersecciones sin islas de canalización. En estos casos, el diseño está gobernado por las trayectorias mínimas de giro del vehículo tipo elegido.

En casos justificados en que sea necesario utilizar trazados mínimos, podrán utilizarse los valores indicados en la **Tabla 502.02** o valores similares, siempre que se consideren carriles de deceleración (y aceleración en el caso de calzadas unidireccionales), para

poder pasar de la velocidad de diseño del camino principal a los 15 Km/h que permite el ramal de giro, (y viceversa). Los radios mínimos que se indican en dicha Tabla, están referidos al borde interior del pavimento en la curva y están diseñados para las siguientes condiciones de operación:

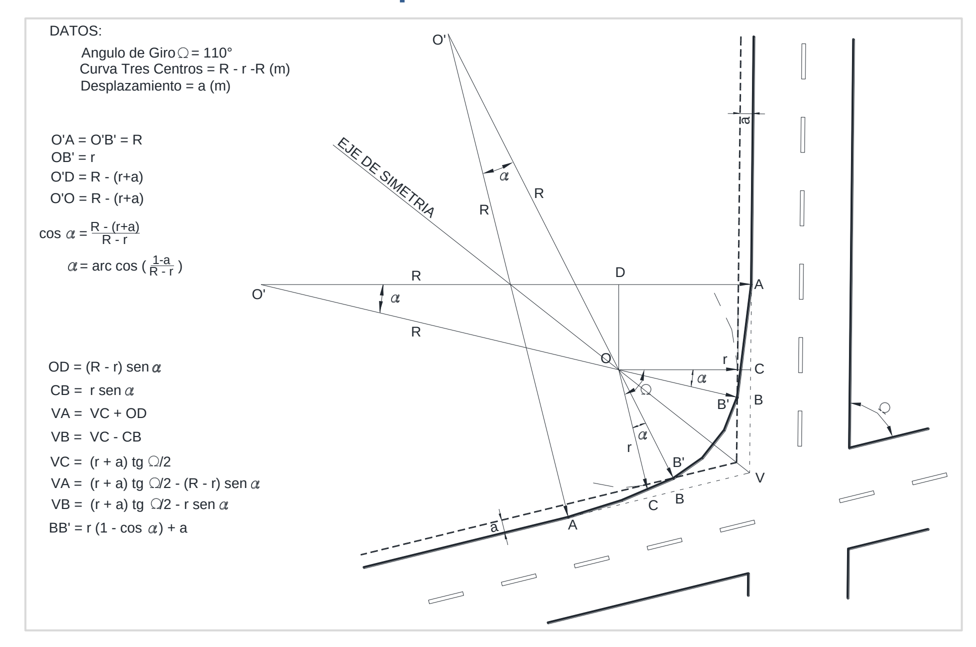
- Velocidad de giro hasta 15 Km/h.
- Inscripción en la curva sin desplazamiento a los carriles vecinos tanto en la entrada como en la salida.
- Distancia mínima de las ruedas interiores al borde del pavimento (0,30 m), a lo largo de la trayectoria.

Tabla 502.02
Radios mínimos en intersecciones sin canalizar

Vehículo tipo	Ángulo de Giro (º)	Curva Circular	Curva compuesta de tres centros simétrica (Figura 502.03)	
		Radios (m)	Radios (*) (m)	Desplazamiento (m)
VL VP VA	25	18.00 30.00 60.00	-------- -------- --------	-------- -------- --------
VL VP VA	45	15.00 22.50 50.00	60.0 ---- 30 ---- 60.0	-------- -------- 0.90
VL VP VA	60	12.00 18.00 ------	------ ------ ------ ------ 60.0 ---- 22.5 ---- 60.0	------ ------ 1.65
VL VP VA	75	10.50 16.50 ------	30.0 ---- 7.5 ---- 30.0 36.0 ---- 13.5 ---- 36.0 45.0 ---- 15.0 ---- 45.0	0.60 0.60 1.80
VL VP VA	90	9.00 15.00 ------	30.0 ---- 6.0 ---- 30.0 36.0 ---- 12.0 ---- 36.0 55.0 ---- 18.0 ---- 55.0	0.75 0.60 1.80
VL VP VA	105	------ ------ ------	30.0 ---- 6.0 ---- 30.0 30.0 ---- 10.5 ---- 30.0 55.0 ---- 13.5 ---- 55.0	0.75 0.90 2.40
VL VP VA	120	------ ------ ------	30.0 ---- 6.0 ---- 30.0 30.0 ---- 9.0 ---- 30.0 55.0 ---- 12.0 ---- 55.0	0.60 0.90 2.55
VL VP VA	135	------ ------ ------	30.0 ---- 6.0 ---- 30.0 30.0 ---- 9.0 ---- 30.0 48.0 ---- 10.5 ---- 48.0	0.45 1.20 2.70
VL VP VA	150	------ ------ ------	22.5 ---- 5.4 ---- 22.5 30.0 ---- 9.0 ---- 30.0 48.0 ---- 10.5 ---- 48.0	0.60 1.20 2.10
VL VP VA	180	------ ------ ------	15.0 ---- 4.5 ---- 15.0 30.0 ---- 9.0 ---- 30.0 40.0 ---- 7.5 ---- 40.0	0.15 0.45 2.85

(*) Radios mínimos al borde interior del pavimento en la curva.

Figura 502.03
Curva compuestas de tres centros

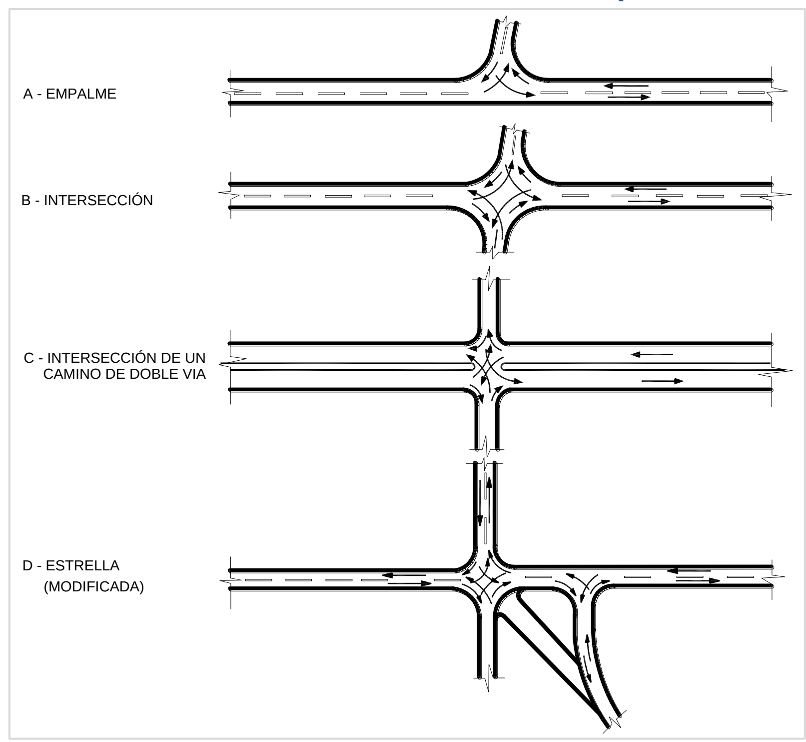


502.05.01 Intersección sin canalizar simple

En este tipo de intersección sin canalizar simple, se mantiene los anchos normales del pavimento y se agrega sólo lo necesario para las zonas de giro, y puede aceptarse para caminos de dos carriles con limitado tránsito.

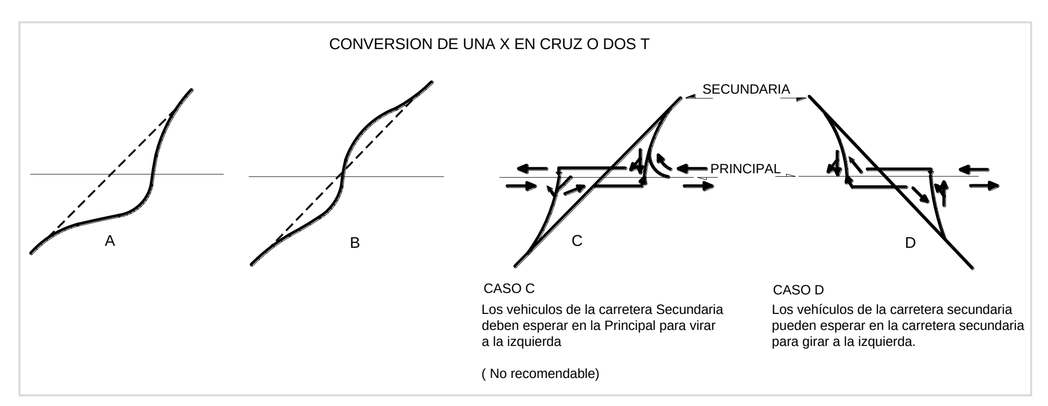
Esta solución no permite ángulos de intersección muy agudos y debe, por tanto, respetarse el principio de perpendicularidad de las trayectorias que se cortan. La **Figura 502.04**, ilustra empalmes y cruzamientos simples. El ángulo de cruzamiento puede variar dentro de los rangos (60º a 120º) sin variar el concepto.

Figura 502.04
Intersecciones sin canalizar simples



La **Figura 502.05** ilustra criterios para obtener cruces perpendiculares en Intersecciones, muy esviadas.

Figura 502.05
Criterios para obtener cruces perpendiculares



502.05.02 Ensanches de la sección de los accesos al cruce

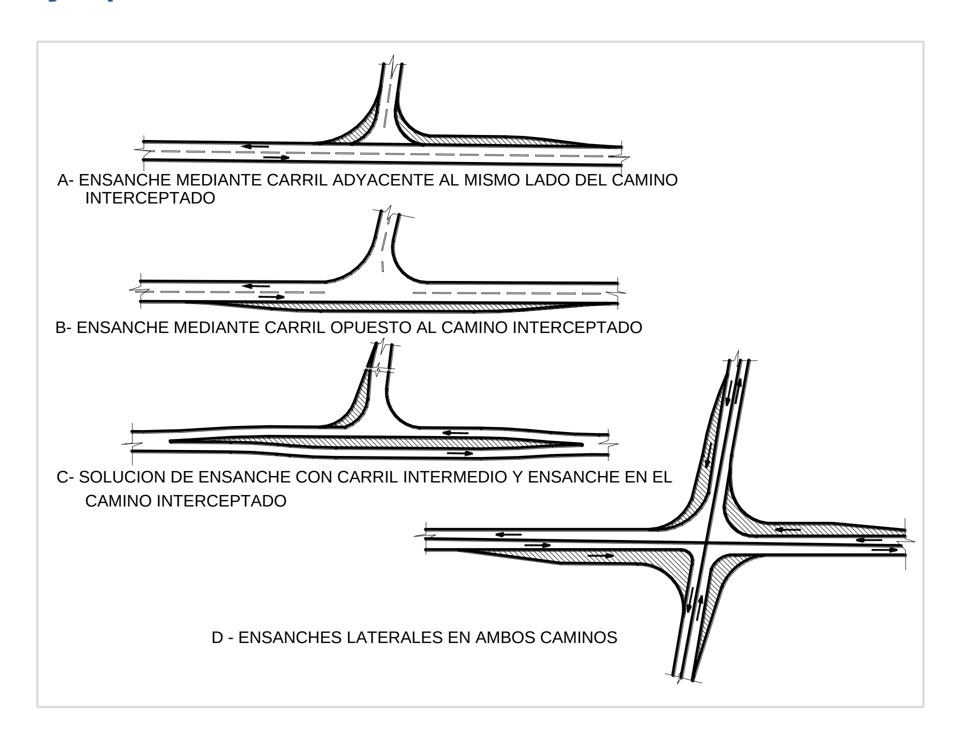
Cuando por factores de diseño o espacio, no sea posible recurrir a una Intersección Canalizada, puede utilizarse ensanches en la zona de acceso a los cruces.

Esta forma de diseño, produce el efecto de aumentar la capacidad de cruce, a la vez que separa los puntos de conflicto. También permite crear zonas de protección para los vehículos de maniobras más lentas, con lo que facilita los flujos de tránsito directo.

La **Figura 502.06**, ilustra los distintos tipos de ensanches, según las necesidades del cruzamiento, en la cual se presentan los siguientes ejemplos.

- Se adopta carriles de deceleración en los sectores de llegada o salida al empalme, cuando exista volúmenes importantes de giro a la derecha, desde la carretera principal a la que empalma o viceversa. **Figura 502.06 A**.
- Se adopta de un carril auxiliar en el camino principal, opuesto al camino interceptado cuando los movimientos de giro a la izquierda desde el camino principal representan volúmenes importantes. **Figura 502.06 B**.
- Con criterio de solución similar al anterior, en este caso se adopta un carril auxiliar de ensanche al centro, mediante una separación de los carriles directos, cuando los movimientos de giro a la izquierda desde el camino principal, representan volúmenes importantes, al igual que los del camino interceptado hacia la izquierda. **Figura 502.06 C**.
- Cuando el volumen de movimientos de giro lo justifica, se adopta por ensanchar los accesos a la intersección como se indica en la **Figura 502.06 D**. Esto da a la Intersección una capacidad adicional tanto para los movimientos de giro como para el tránsito directo.

Figura 502.06
Ejemplos se ensanches de la sección de los accesos al cruce



502.06 Intersecciones canalizadas

502.06.01 Generalidades

Las intersecciones con islas de canalización, se utilizan para los casos en que el área pavimentada en la zona de intersección resulta muy grande, y por tanto se genera confusión en el tránsito vehicular, por indefinición de las trayectorias destinadas de los diferentes giros y movimientos a realizar.

Las islas de canalización permiten resolver la situación planteada, al separar los movimientos más importantes en ramales de giro independientes. Se disminuye a la vez el área pavimentada que requeriría la intersección sin canalizar.

Los elementos básicos para el trazado de ramales de giro canalizados son:

- La alineación al borde inferior del pavimento.
- El ancho del carril de giro.
- El tamaño mínimo aceptable para la isla de canalización.

La compatibilización de estos tres elementos de diseño, posibilita el uso de curvas con radios mayores que los mínimos requeridos acordes al vehículo tipo, lo que permite soluciones más holgadas que las correspondientes a las intersecciones sin canalizar.

Las islas de canalización, deben tener formas específicas y dimensiones mínimas, que deben respetarse para que cumplan su función con seguridad vial.

Cuando sea necesario diseñar islas de canalización con velocidades de giro mayores a 15 Km/h, se deberá tener en consideración, en las curvas de las intersecciones, coeficientes de fricción lateral, mayores que los usuales en el diseño normal de carreteras, lo cual es válido para velocidades de diseño de hasta 65 km/h. Para velocidades mayores, se utilizarán coeficientes de fricción lateral iguales, tanto en curvas de intersecciones como de la carretera.

La **Tabla 502.03**, presenta los valores a usar en giros mínimos canalizados. Las islas resultantes consideran dichos valores, dejando 0,60 m como mínimo entre sus bordes y

los bordes del pavimento. Los anchos de los ramales que aparecen, permiten que las ruedas del vehículo tipo, se inscriban con una holgura de 0,60 m, respecto de los bordes del pavimento.

Por tratarse de giros mínimos, estas soluciones no incluyen el ensanche de las carreteras que acceden a la intersección. Por tanto, el tipo de islas que incluyen los valores de la **Tabla 502.03**, se refieren a islas triangulares, ubicadas en los ángulos que forma la prolongación de los bordes del pavimento, de las vías que se cruzan. Cuando sea posible ensanchar las vías que acceden al cruce, este tipo de islas pueden reemplazarse o combinarse con islas centrales en el camino subordinado.

Diseños mayores a los indicados, deben ser estudiados para cada caso, de acuerdo con la disponibilidad de espacio y la importancia de los giros en la intersección.

Tabla 502.03

Valores en giros mínimos en intersecciones canalizadas

Vehículo tipo	Ángulo de giro (º)	Curva compuesta de tres centros simétrica (Ver Figura 502.03)		Ancho del ramal (m)	Tamaño aproximado de la isla (m^2)
		Radios (m)	Desplazamiento (m)		
VL	75	45---22.5---45	1.05	4.20	5.50
VP		45---22.5---45	1.50	5.40	4.50
VA		54---27.0---54	1.05	6.00	4.50
VL	90	45---15.0---45	0.90	4.20	4.50
VP		45---15.0---45	1.50	5.40	7.50
VA		54---19.5---54	1.80	6.00	11.50
VL	105	36---12.0---36	0.60	4.50	6.50
VP		30---10.5---30	1.50	6.60	4.50
VA		54---13.5---54	2.40	9.00	5.50
VL	120	30.0 ---9.0---30.0	0.75	4.80	11.00
VP		30.0 ---9.0---30.0	1.50	7.20	8.40
VA		54---12.0---54	2.55	10.40	20.40
VL	135	30.0 ---9.0---30.0	0.75	4.80	43.00
VP		30.0 ---9.0---30.0	1.50	7.90	34.50
VA		48---10.5---48	2.70	10.70	60.00
VL	150	30.0 ---9.0---30.0	0.75	4.80	130.00
VP		30.0 ---9.0---30.0	1.80	9.00	110.00
VA		48---10.5---48	2.15	11.60	160.00

(*) Radio del borde inferior del pavimento en la curva

La **Tabla 502.04** muestra los valores de los radios mínimos en intersecciones canalizadas con velocidades de diseño superiores a 20 Km/h, para peraltes de 0% y 8%.

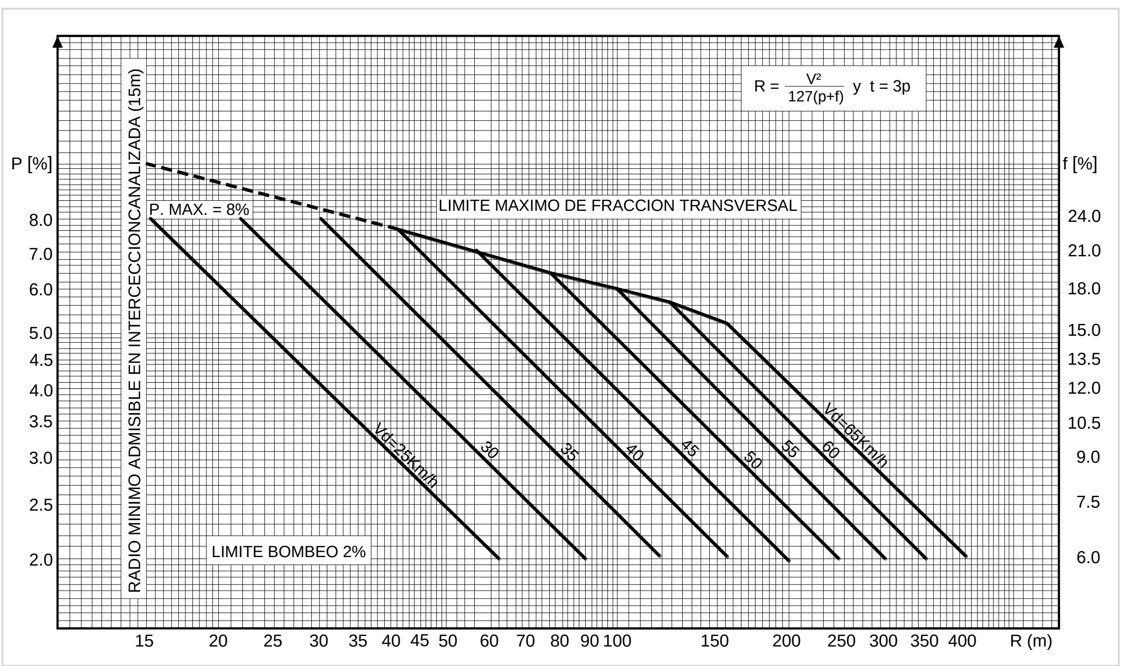
Tabla 502.04
Radios mínimos en intersecciones canalizadas según peraltes mínimos y máximos aceptables

V (Km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65
ƒ máximo	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16
Radio mínimo (m) (p=0%)	15	25	40	55	75	100	130	170	210
Radio mínimo (m) (p=8%)	(*)	20	30	40	55	75	90	120	140

(*) Radio mínimo < 15: no aceptable en Intersecciones Canalizadas, salvo en curvas de tres centros.

La **Figura 502.07** muestra valores de radios y peraltes en intersecciones canalizadas cuando no existen condiciones limitantes.

Figura 502.07
Valores de radios y peraltes en intersecciones canalizadas cuando no existen condicionamientos limitantes



502.06.02 Casos de intersecciones canalizadas

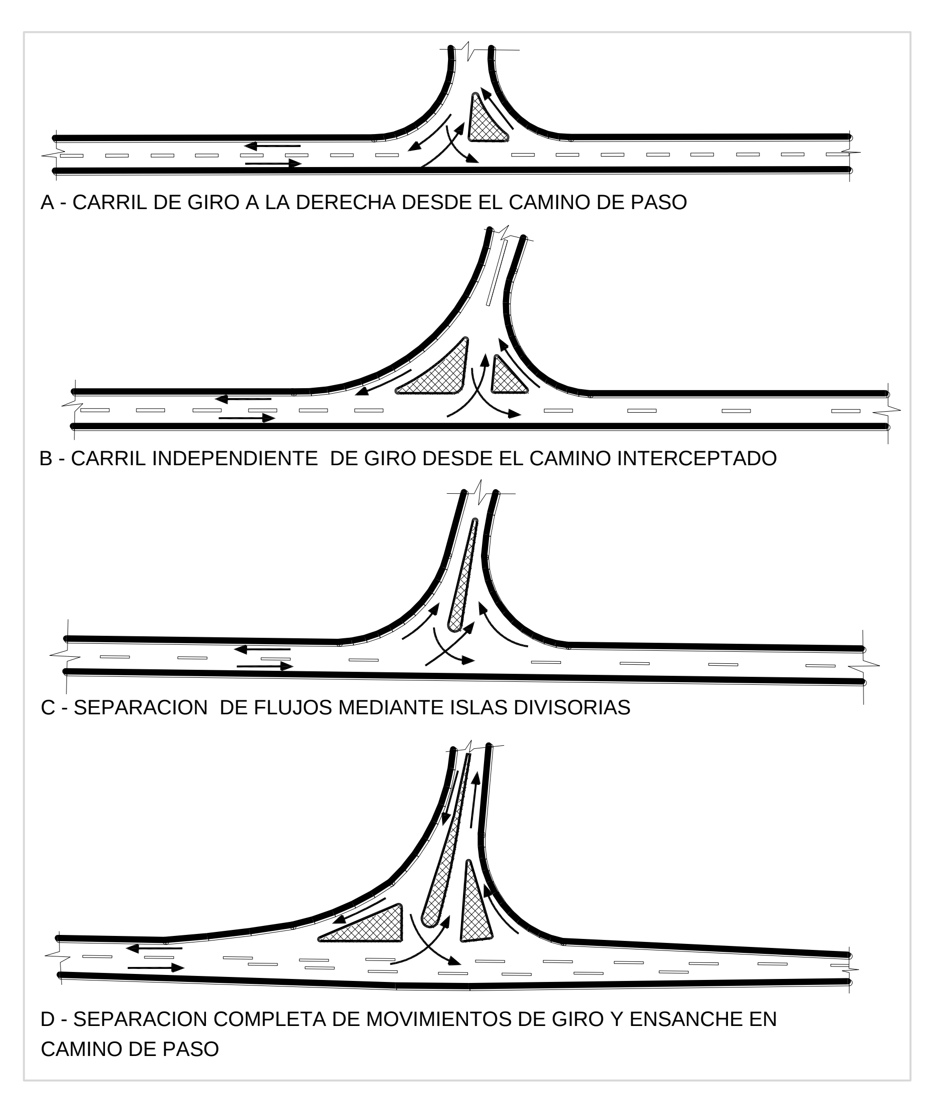
Por lo general en las intersecciones canalizadas, las islas divisorias y los carriles de giro, se diseñan en las vías secundarias de las intersecciones importantes, o bien, en empalmes menores cuando el esviaje es pronunciado. En los casos en que se justifican radios mayores a los mínimos, se debe diseñar vías independientes de giro a la derecha.

A continuación se presentan algunos casos de intersecciones canalizadas:

a) En la **Figura 502.08**, se muestran cuatro casos (A, B, C y D). El primero, **Figura 502.08-A** muestra el caso de un carril de giro a la derecha, desde la vía secundaria, obtenido mediante el diseño de una isla triangular. El segundo, **Figura 502.08-B** muestra un empalme en que las velocidades y el volumen de virajes justifican carriles independientes de giro a la derecha, hacia y desde el camino que intercepta, con radios mayores que los mínimos. El tercero, indica que la canalización en el camino interceptado, es mediante una isla divisoria, **Figura 502.08-C**, en la cual el espacio necesario para la ubicación de la isla, se obtiene

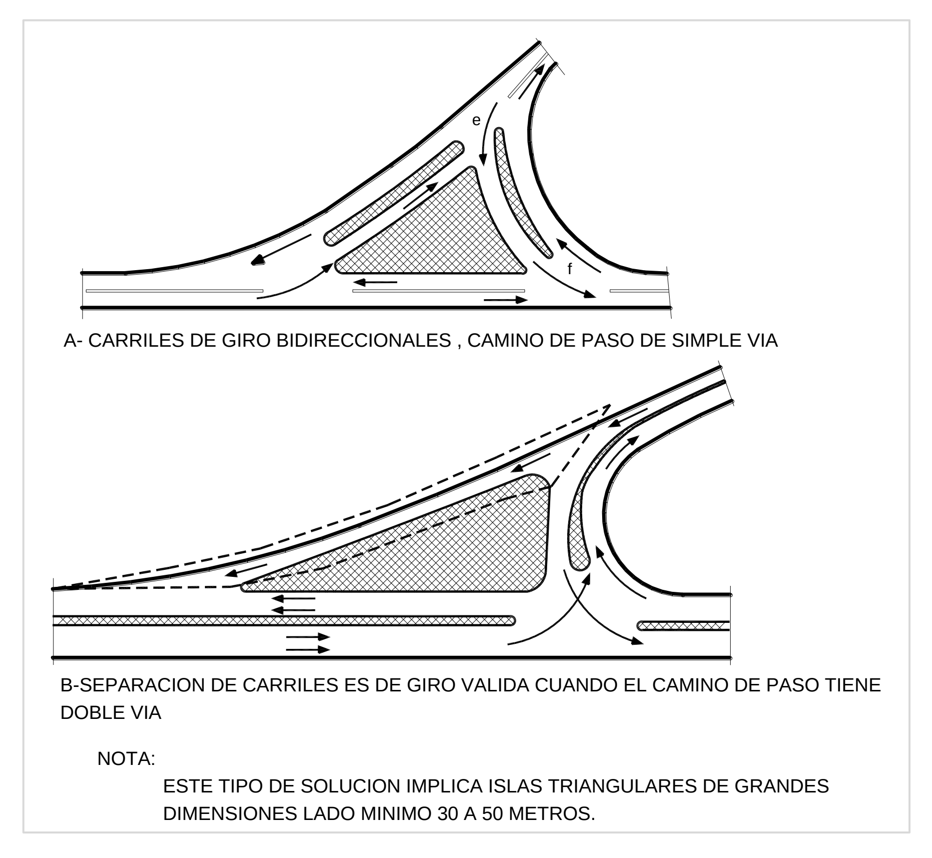
ensanchando gradualmente el camino, y usando radios de giro mayores que los mínimos en el viraje a la derecha. Finalmente, para el caso de carreteras de dos carriles con volúmenes de tránsito alto, se aconseja diseñar carriles separados para cada uno de las corrientes importantes, **Figura 502.08-D**, dónde se muestra el empleo de dos islas (canalizadoras) y una isla divisoria en el camino directo.

Figura 502.08
Casos de canalización con islas divisorias y carril de giro



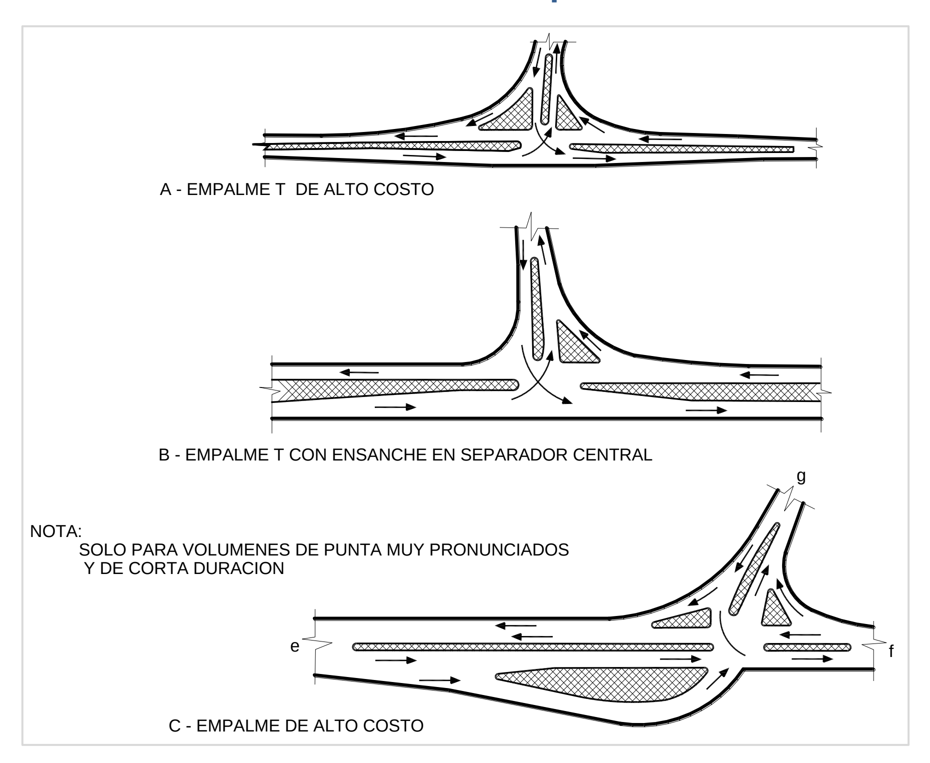
b) En la **Figura 502.09**, se muestran dos casos (A y B), de intersecciones en ángulos agudos formando una Y, con canalizaciones que permiten disminuir el riesgo de encuentro frontal de los vehículos, modificando las trayectorias, para que el cruce se produzca en ángulo aproximadamente recto.

Figura 502.09
Intersecciones canalizadas en ángulos agudos formando una "Y"



c) En la Figura 502.10, se muestran tres casos (A, B y C) de intersecciones canalizadas de diseño más complejo, que se justifican en carreteras con altos volúmenes de tránsito en todos los sentidos.

Figura 502.10
Intersecciones canalizadas para tránsito en todos los sentidos



d) En la **Figura 502.11**, se muestran cuatro casos **(A, B, C, y D)**. El primer caso **(A)**, se refiere a intersecciones dónde se prevén carriles independientes para los giros a la derecha. El segundo caso **(B)**, está referido a la disposición de islas triangulo en todos los cuadrantes, con la finalidad de separar los flujos de tránsito de paso. El tercero **(C)**, está referido a la separación mediante islas divisorias. El último caso **(D)**, trata de la creación de separadores centrales en las zonas de cruce.

Figura 502.11
Otros casos de intersecciones canalizadas

A - VIAS A LA DERECHA MEDIANTE ISLAS TRIANGULARES EN CUADRANTE AGUDOS

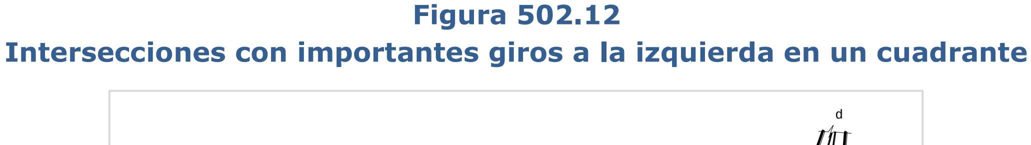
B - ISLAS TRIANGULO EN TODOS LOS CUADRANTES

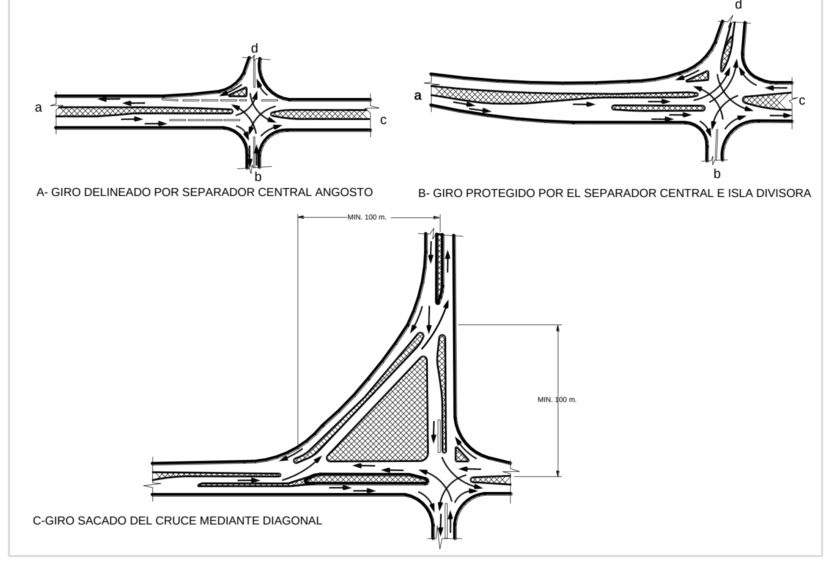
C - SEPARACION MEDIANTE ISLAS DIVISORIAS

D- CREACION DE SEPARADOR CENTRAL EN ZONA DE CRUCE

e) La **Figura 502.12**, muestra tres casos de intersecciones canalizadas con importantes giros a la izquierda en un cuadrante.

Figura 502.12
Intersecciones con importantes giros a la izquierda en un cuadrante

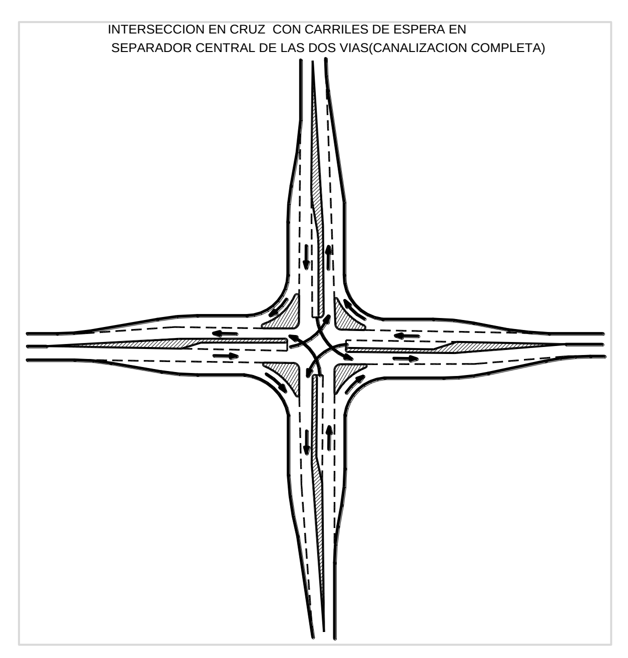




f) En la **Figura 502.13**, se muestra una intersección en cruz, con canalización completa con ensanche para los giros a la derecha e izquierda, usado cuando la intensidad de los giros lo exige.

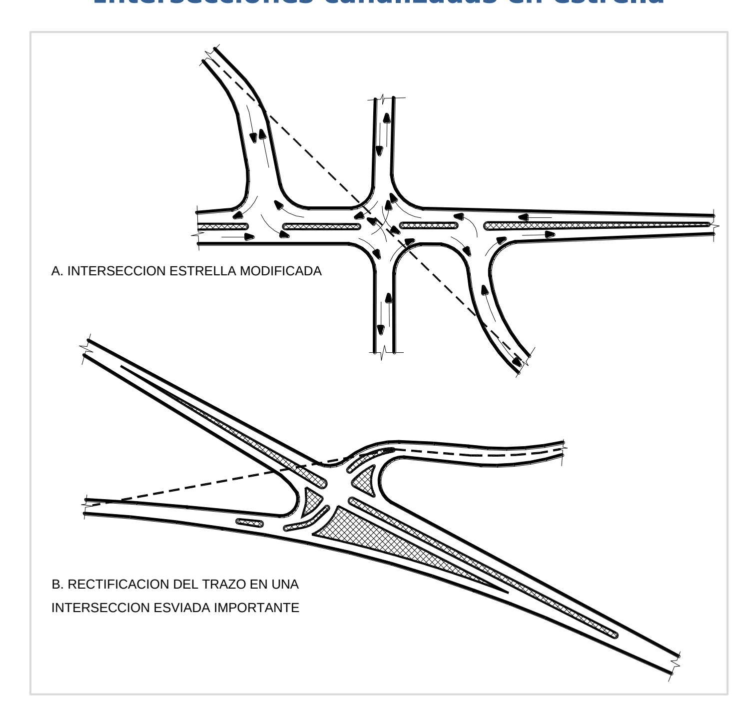


Figura 502.13
Intersección canalizada en cruz



g) En la **Figura 502.14**, muestra dos casos de intersecciones canalizadas en estrella, que por lo general deben evitarse por razones de seguridad vial.

Figura 502.14
Intersecciones canalizadas en estrella



502.07 Curvas de transición en intersecciones

Cuando se accede a un ramal de intersección, desde una vía cuya Velocidad de Diseño es superior en 30 km/h o más, se produce un incremento brusco de la fuerza centrífuga, por lo que es conveniente intercalar las curvas de enlace, que pueden ser de preferencia clotoides o circulares de mayor radio.

502.07.01 Uso de clotoides

Pueden usarse intercaladas entre la tangente y la curva, o como tramo intermedio entre la curva de radio mínimo correspondiente a la Velocidad de Diseño y una curva circular de radio mayor. En la **Tabla 502.05** se dan los valores mínimos del parámetro A de la clotoide.

Tabla 502.05
Valores mínimos del parámetro A de la clotoide

V (Km/h)	30	35	40	45	50	55	60
Radio mínimo (m)	25	35	45	60	75	90	120
A adoptado (m)	20	30	35	40	50	60	70

502.07.02 Curvas compuestas

La **Tabla 502.06** indica los desarrollos aceptables que deberá tener la curva de enlace, en el supuesto de que esté seguida por una curva de radio igual a la mitad, o bien precedida por una curva de radio el doble.

Tabla 502.06
Desarrollos aceptables de la curva de enlace

Radio mayor (m)	30	45	60	75	90	120	150 o mas
Desarrollo mínimo (m)	12	15	18	24	30	36	42
Desarrollo Normal (m)	18	21	27	36	42	54	60

502.07.03 Combinación de más de dos curvas

Cuando la velocidad de operación a la entrada de un ramal, y las circunstancias obligan a diseñar curvas iniciales de radios que no permiten tener una relación de 2 o menos, con el arco limitante del ramal, será necesario utilizar una tercera curva circular de radio intermedio, que cumpla la relación establecida o una clotoide que enlace ambas curvas.

El desarrollo que debe darse a esta clotoide intermedia, se calculará haciendo la diferencia de los valores recíprocos de los radios de curvatura a enlazar, despejando de allí el radio de una curva, que al ser interpolada en los datos de la **Tabla 502.05** permite obtener el valor de su parámetro y el desarrollo correspondiente.

502.08 Ramales de giro

502.08.01 Generalidades

El ancho de la calzada y las bermas en los ramales de giro, están reguladas por el volumen y composición de tránsito, y el radio de la curva circular asociada al giro.

El diseño depende fundamentalmente de la importancia de la intersección y la disponibilidad de espacio. En los casos en que el tránsito no sea significativo y el espacio disponible sea limitado, el diseño contemplará dimensiones mínimas para circular a velocidades de 15 Km/h o menores. Cuando la importancia de la intersección lo exija, el diseño estará gobernado por la velocidad de operación que se desee obtener en los diversos elementos del cruce.

A continuación se describen algunos casos en función al tipo de operación de los ramales de giro:

- Caso I. Un carril con tránsito en un solo sentido, sin posibilidad de adelantar a un vehículo que se detenga, es aplicable a un ramal de giro de poca importancia. En

este caso, al menos uno de los bordes de la calzada debe tener una berma que permita ser utilizada en caso de emergencia.

- Caso II. Un carril con tránsito en un solo sentido, con posibilidad de adelantar a un vehículo que se detenga, es aplicable a un ramal de giro con posibilidad de adelantamiento a bajas velocidades, con espacios libres restringidos entre vehículos, pero manteniéndose ambos dentro de la calzada.
- Caso III. Dos carriles para el tránsito en uno o dos sentidos, es aplicable a ramales de giro en que el volumen de tránsito, supera la capacidad de una sola calzada, o para el tránsito en doble sentido.

A continuación se indican algunos casos que guardan relación con la composición del tránsito, en función de los vehículos tipo y la proporción en que intervienen.

- Caso A, predominan los vehículos ligeros (VL), considerando el paso eventual de camiones o Buses (VP).
- Caso B, la presencia de vehículos tipo VP es superior al 5% y no sobrepasa el 25% del tránsito total; los vehículos articulados (VA) circulan en muy baja proporción.
- Caso C, los vehículo tipo VP con más del 25% del tránsito total y/o los vehículos articulados (VA) circulan normalmente por el ramal bajo consideración.

502.08.02 Anchos de calzada en ramales de giro

La **Tabla 502.07** presenta valores de anchos de calzada en función al tipo de operación y composición del tránsito, antes indicados. Asimismo, en la **Tabla 502.08**, se presenta las modificaciones que debe tener la calzada por efecto de las bermas y sardineles.

Tabla 502.07
Anchos de calzada en ramales de giro

(m)	Anchos de calzada en ramales (m)								
	Caso I 1 carril 1 sentido Sin adelantar			Caso II 1 carril 1 sentido Con adelantar			Caso III 2 Carriles 1 o 2 Sin adelantar		
	Características del tránsito								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5.5	5.5	7	7	7.6	8.8	9.4	10.6	12.8
20	5	5.3	6.2	6.6	7.2	8.4	9	10.2	11.7
22.5	4.8	5.1	5.8	6.4	7	8.2	8.8	10	11.2
25	4.7	5	5.7	6.3	6.9	8	8.7	9.8	11
30	4.5	4.9	5.4	6.1	6.7	7.6	8.5	9.4	10.6
40	4.3	4.9	5.2	5.9	6.5	7.4	8.3	9.2	10.2
45	4.2	4.8	5.1	5.8	6.4	7.3	8.2	9.1	10
60	4	4,8	4.9	5.8	6.4	7	8.2	8.8	9.4
80	4	4,7	4.9	5.6	6.2	6.8	8	8.6	9.2
90	3.9	4.6	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	9.1
100	3.9	4.6	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	9
120	3.9	4.5	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	8.8
150	3.7	4.5	4.6	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	8.8
250	3.7	4.5	4.4	5.4	6	6.6	7.6	8.3	8.5
Tangente	3.7	4	4	5.2	5.8	6.4	7.4	8	8

Tabla 502.08
Modificación de anchos de calzada por efecto de bermas y sardinel

Características		Caso I	Caso II	Caso III
Bermas sin pavimento		Sin modificación	Sin modificación	Sin modificación
Sardinel a nivel		Sin modificación	Sin modificación	Sin modificación
Sardinel Elevado	Un lado	Añadir 0,30	Sin modificación	Sin modificación
	Dos lados	Añadir 0,30	Añadir 0,30	Añadir 0,30
Berma pavimentada en uno o ambos lados		Sin modificación	Deducir ancho de las bermas Ancho mínimo similar al caso I.	Deducir 0,60 dónde la berma sea de 1,20 m como mínimo

502.08.03 Bermas o espacios adyacentes al pavimento del ramal de giro

Por las características de diseño, en una Intersección canalizada no siempre es necesario considerar bermas, dado que al quedar la calzada delimitada por islas, se producen espacios adicionales adyacentes, que pueden utilizarse para estacionamiento de vehículos en casos de emergencia.

Por lo general, la berma derecha en dimensión y tratamiento, es similar al de la carretera de dónde provienen los vehículos, pudiendo utilizarse el ramal para hacer las transiciones de ancho, si la berma de llegada es de dimensiones distintas.

En grandes intersecciones canalizadas los ramales de giro pueden ser de tal longitud que se consideren como independientes de las carreteras que se cortan. Bajo este concepto, deberán proyectarse bermas a ambos lados de la calzada.

502.09 Carriles de cambio de velocidad

502.09.01 Generalidades

Los carriles de cambio de velocidad tienen por finalidad permitir la salida o ingreso de los vehículos de una vía a otra, con un mínimo de perturbaciones; estos carriles, también posibilitan las maniobras de giros en U en la misma vía.

Dichos carriles de cambio de velocidad son de aceleración y deceleración. El primero posibilita la maniobra de entrada a una vía principal, y siempre es paralelo al carril de destino, formando un ángulo en la parte final de la vía a la que ingresa. El segundo, permite la salida de una vía principal, y generalmente es paralelo o casi paralelo al carril de origen.

En las **Figuras 502.15** y **Figura 502.16** se muestran ejemplos de carriles de cambio de velocidad y terminales de salida, respectivamente.

Figura 502.15
Carriles de cambio de velocidad

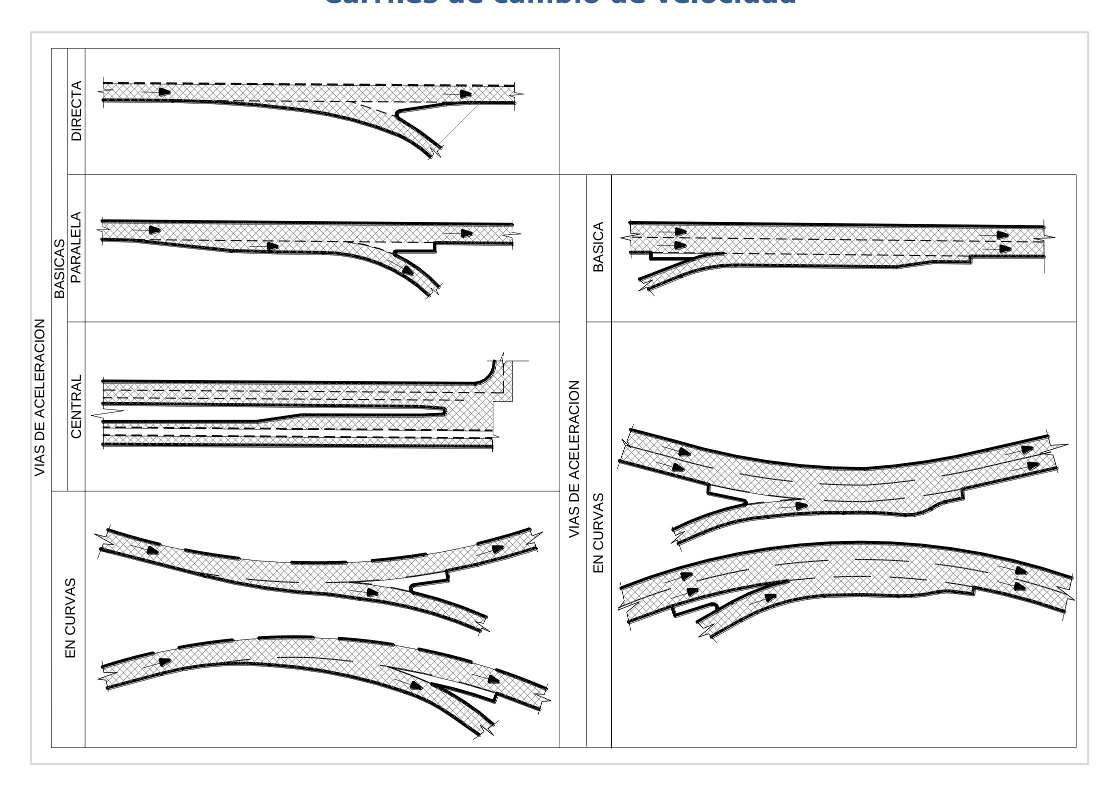
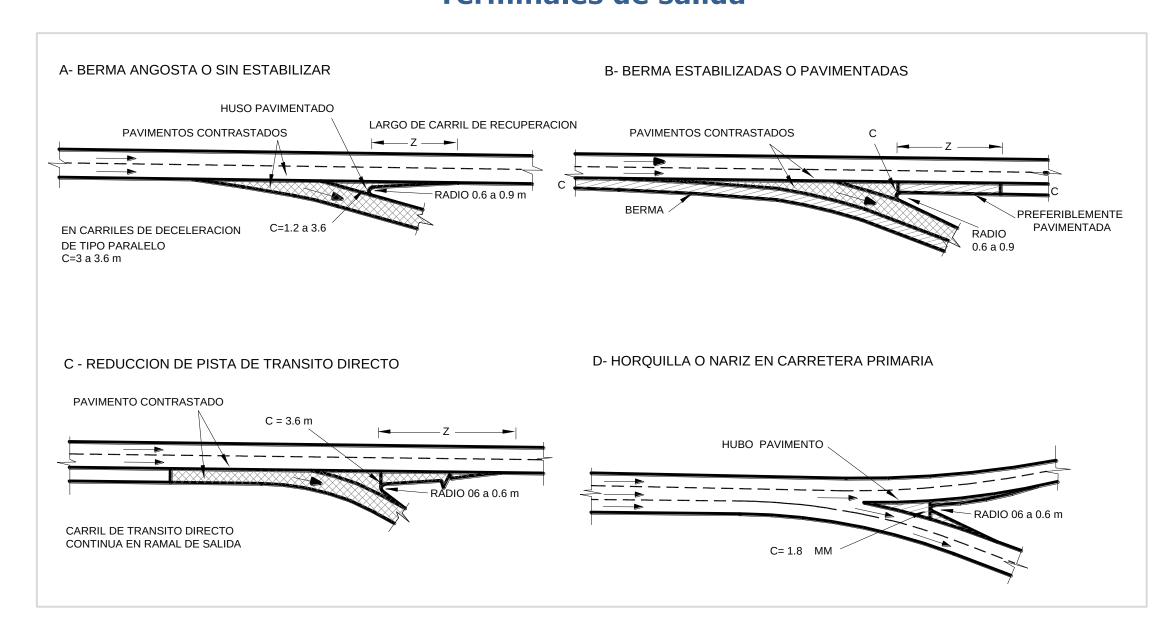


Figura 502.16
Terminales de salida



502.09.02 Carriles de aceleración

Su longitud total (LT) es la suma de los largos de las zonas de aceleración propiamente dicha y de transición o cuña, en la que LT no superará en ningún caso los 300 metros.

La **Tabla 502.09** presenta valores de LT en función a velocidades de diseño, y valores de LC fijos, en aplicación de la siguiente fórmula.

$$LT = LA + LC$$

Dónde:

LT = Largo total
LA = Largo en zona de aceleración
LC = Largo de la cuña

Tabla 502.09
Longitudes totales de carriles de aceleración (LT)

Vc (Km/h)	Lc (m)	Vr = 0 (Km/h)	Vr = 30 (Km/h)	Vr = 40 (Km/h)	Vr = 50 (Km/h)	Vr = 60 (Km/h)	Vr = 70 (Km/h)	Vr = 80 (Km/h)	Vr = 90 (Km/h)
60	50	100	75	50					
70	50	150	120	100					
80	50	240	200	180	140	100			
90	75	300	275	250	220	170	140		
100	75	300	300	300	275	250	225	200	
110	75	300	300	300	300	300	250	250	250
≥120	75	300	300	300	300	300	300	300	300

Los valores LT y LA, son válidos para pendientes comprendidas entre +3 % y -3 %, debiendo corregirse si éstas exceden dichos límites. En la **Tabla 502.10** se indican los factores de corrección, que relacionan la longitud en pendiente (±) con la longitud en horizontal. Las correcciones por pendiente, se calculan sobre LT, pero la longitud adicional o por deducir que corresponda, afecta sólo a LA, permaneciendo LC fijo, aunque LT eventualmente pueda resultar menor que LC.

Tabla 502.10
Factores de corrección que relaciona la longitud en pendiente con la longitud en horizontal

Factores de Corrección de Lt (*) en Carriles de Aceleración, para Velocidades de diseño de la Carretera (Vc) de:							
60 Km/h		70 Km/h		80 Km/h		100 (**) Km/h	
Caso Pendiente de Subida de: (%)							
3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6
1.30	1.50	1.30	1.60	1.35	1.70	1.40	1.90
Caso pendiente de Bajada, Si Vr = 0 (***), de:							
3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6
0.5	0.5	0.75	0.65	0.90	0.80	1.00	1.00

(*) Factores se aplican a LT, pero afectan a LA; LC = Constante.
(**) LT Máximo = 300 m.VC = 100 sirve para interpolar
(***) Si Vr > 0 no hay reducciones

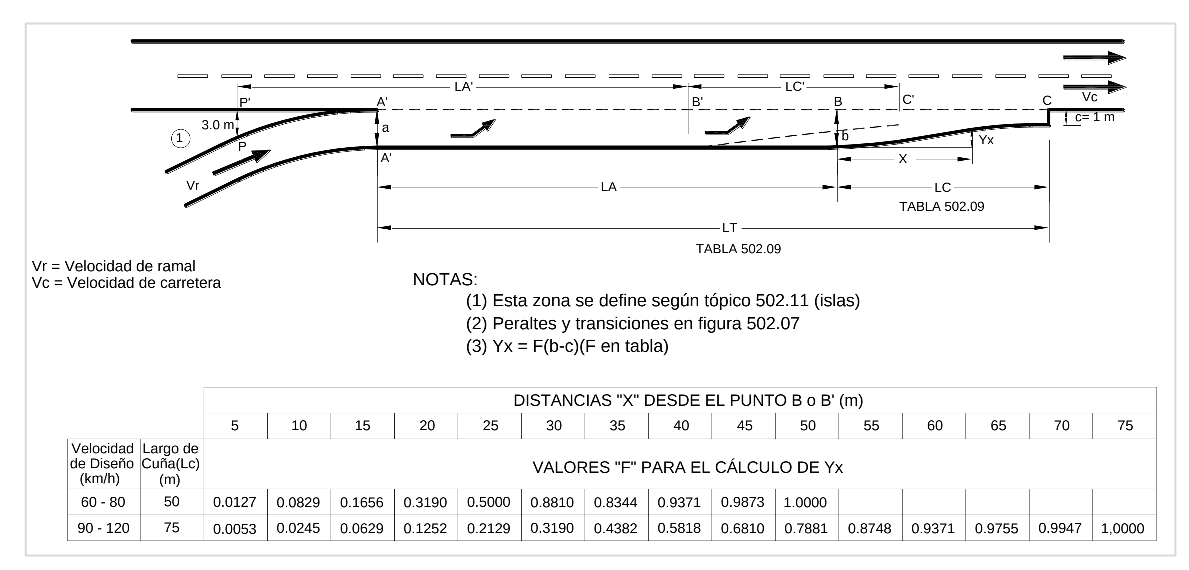
En la **Figura 502.17,** se muestran los puntos singulares de los carriles de aceleración. En C se tiene el ancho final de la cuña (c) que deberá ser de 1 m, con el fin de hacer utilizable la zona de cuña. En B, inicio de la cuña y final de la zona de aceleración, se debe tener el ancho total del carril (b), el cual, si el carril fuera proyectado en una curva que requiera sobreancho, se obtiene con la siguiente fórmula:

$$b = b_o + S_a$$

Dónde:

- b : nuevo ancho total del carril
- b_o : ancho inicial del carril
- S_a : sobreancho

Figura 502.17
Puntos singulares de carril de aceleración



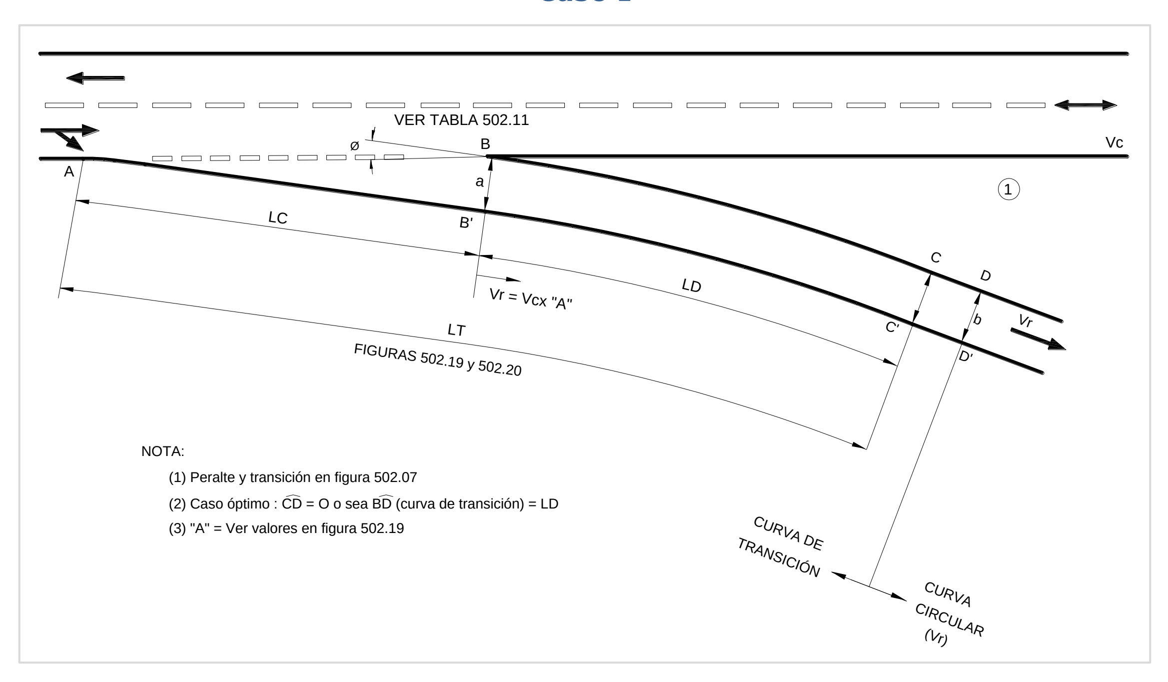
		DISTANCIAS "X" DESDE EL PUNTO B o B' (m)														
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Velocidad de Diseño (km/h)	Largo de Cuña(Lc) (m)	VALORES "F" PARA EL CÁLCULO DE Yx														
60 - 80	50	0.0127	0.0829	0.1656	0.3190	0.5000	0.8810	0.8344	0.9371	0.9873	1.0000					
90 - 120	75	0.0053	0.0245	0.0629	0.1252	0.2129	0.3190	0.4382	0.5818	0.6810	0.7881	0.8748	0.9371	0.9755	0.9947	1,0000

502.09.03 Carriles de deceleración

De acuerdo a las características geométricas del carril de deceleración, se presentan los dos siguientes casos:

Caso I: Cuando la longitud de la curva de transición es mayor o igual que longitud de deceleración (LD), que viene a ser el de mejor geometría para estos dispositivos, por cuanto se puede diseñar el ramal sobre la carretera con un ángulo de incidencia (Ø) que haga claramente perceptible su función (Figura 502.18).

Figura 502.18
Carril de deceleración
Caso I



Cuando el trazado de los ramales no corresponda al caso de los mínimos absolutos, se debe cuidar que el ángulo de incidencia (Ø) no exceda los valores indicados en la Tabla 502.11.

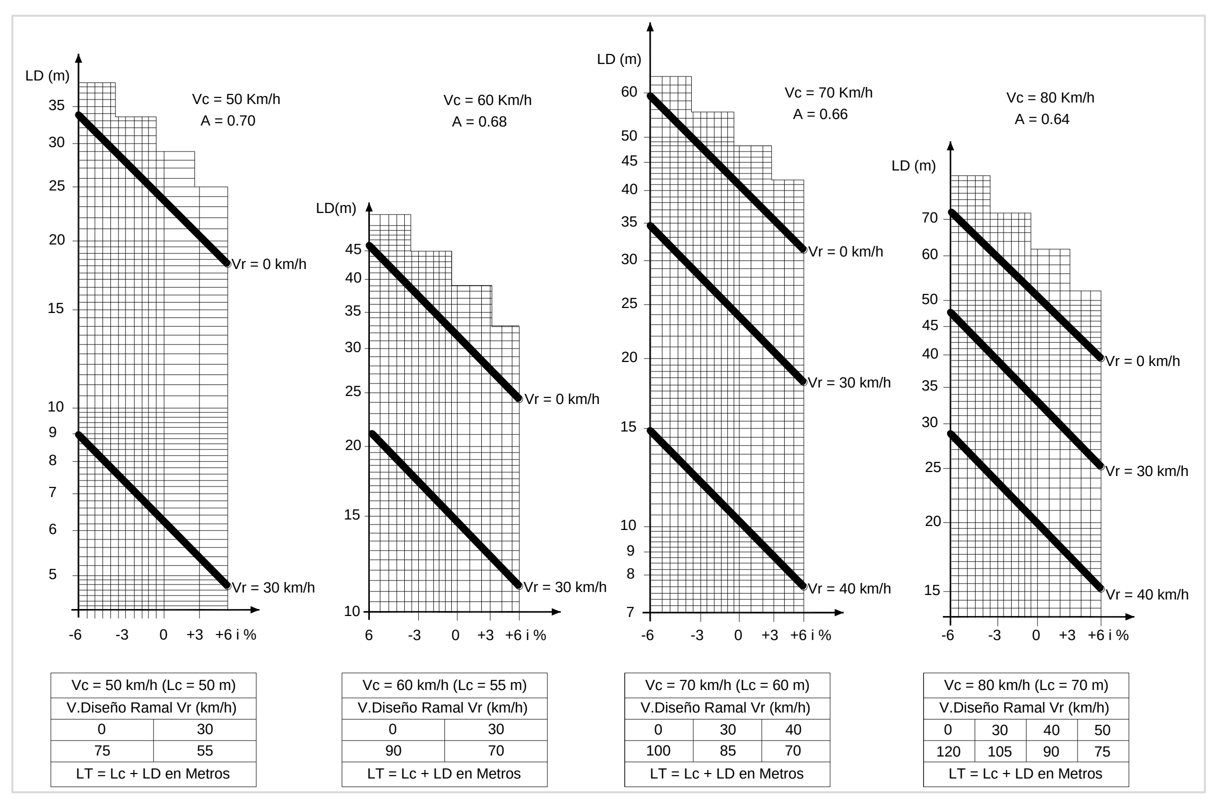


Tabla 502.11
Ángulo de incidencia (Ø) de carril de deceleración

VC (Km/h)	< 60	60	70	80	90	100	110	120
Ø (º)	11.0	9.0	7.5	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5

En las **Figuras 502.19** y **502.20**, se muestran gráficamente valores de longitudes de carriles de deceleración (LD), para velocidades de diseño que van desde 60 Km/h hasta 120 Km/h, distintas velocidades de diseño de ramales, y en función de las pendientes longitudinales de la vía.

Figura 502.19
Longitudes de carriles de deceleración (LD=f(i))
Cuadros resúmenes para LT= LC+LD cuando i=0 y Vc = 50, 60, 70 y 80 km/h



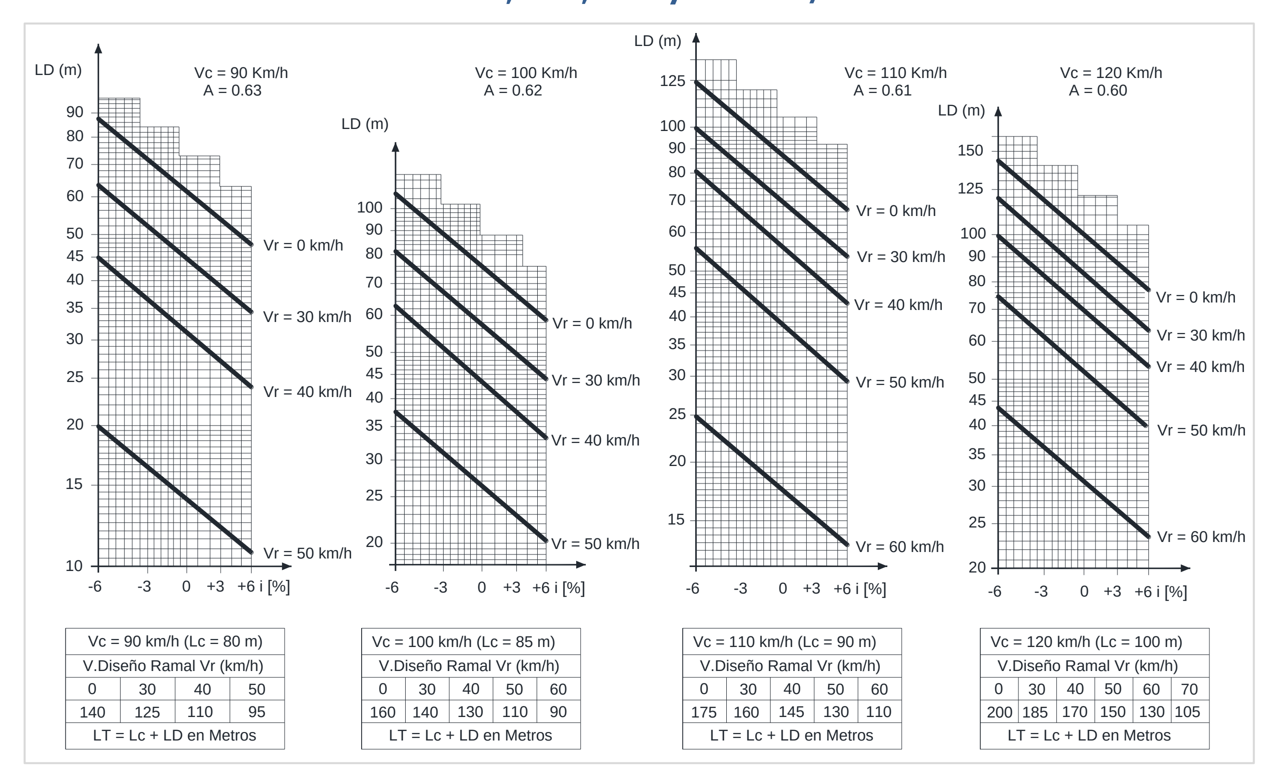
Vc = 50 km/h (Lc = 50 m)	
V.Diseño Ramal Vr (km/h)	
0	30
75	55
LT = Lc + LD en Metros	

Vc = 60 km/h (Lc = 55 m)	
V.Diseño Ramal Vr (km/h)	
0	30
90	70
LT = Lc + LD en Metros	

Vc = 70 km/h (Lc = 60 m)		
V.Diseño Ramal Vr (km/h)		
0	30	40
100	85	70
LT = Lc + LD en Metros		

Vc = 80 km/h (Lc = 70 m)			
V.Diseño Ramal Vr (km/h)			
0	30	40	50
120	105	90	75
LT = Lc + LD en Metros			

Figura 502.20
Longitudes de carriles de deceleración (LD=f(i))
Cuadros resúmenes para LT=LC+LD cuando i=0
Vc=90, 100, 110 y 120 Km/h



Vc = 90 km/h (Lc = 80 m)			
V.Diseño Ramal Vr (km/h)			
0	30	40	50
140	125	110	95
LT = Lc + LD en Metros			

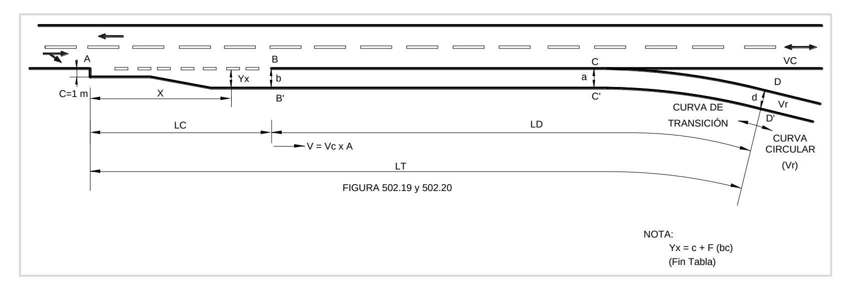
Vc = 100 km/h (Lc = 85 m)				
V.Diseño Ramal Vr (km/h)				
0	30	40	50	60
160	140	130	110	90
LT = Lc + LD en Metros				

Vc = 110 km/h (Lc = 90 m)				
V.Diseño Ramal Vr (km/h)				
0	30	40	50	60
175	160	145	130	110
LT = Lc + LD en Metros				

Vc = 120 km/h (Lc = 100 m)					
V.Diseño Ramal Vr (km/h)					
0	30	40	50	60	70
200	185	170	150	130	105
LT = Lc + LD en Metros					

Caso II: Cuando la longitud de la curva de transición es menor que la longitud de deceleración (LD) o no existe. Para este caso, la cuña es similar que en el Caso I, iniciándose con un ancho de 1 metro, con el fin de compensar el efecto de la maniobra de curva – contra curva, que por lo general hace desaprovechar la zona de cuña, y hace más visible dicho inicio. El borde derecho, se define en forma similar según los valores de la tabla incluida en la **Figura 502.21**.

Figura 502.21
Carril de deceleración Caso II



Velocidad de Diseño (km/h)	Largo de Curva (Lc) (m)	DISTANCIAS "X" DESDE EL PUNTO A (m)																			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
		VALORES DE "FF" PARA EL CALCULO DE Yx																			
60	55	0.0104	0.0503	0.132	0.2688	0.416	0.584	0.7414	0.868	0.9497	0.9898	1									
70	60	0.0058	0.0411	0.1073	0.2119	0.3481	0.5	0.6519	0.7881	0.8927	0.9589	0.9814	1								
80	70	0.0061	0.0267	0.0742	0.1474	0.2481	0.3081	0.5	0.6309	0.7518	0.8525	0.9258	0.9713	0.9838	1						
90	80	0.0048	0.0211	0.054	0.1073	0.1822	0.2771	0.3851	0.5	0.6149	0.7229	0.8178	0.8927	0.946	0.9789	0.9894	1				
100	85	0.004	0.0183	0.0489	0.0828	0.158	0.2414	0.3395	0.4455	0.5545	0.6305	0.7584	0.842	0.9072	0.9531	0.9817	0.996	1			
110	90	0.0038	0.016	0.0411	0.0809	0.1386	0.2118	0.3	0.3876	0.5	0.6024	0.7	0.7681	0.8611	0.9181	0.9589	0.964	0.9969	1		
120	100	0.0029	0.0127	0.0321	0.0628	0.1073	0.1858	0.237	0.319	0.4077	0.5	0.5823	0.6810	0.783	0.8344	0.8927	0.9371	0.9678	0.9873	0.9971	1

502.09.04 Carriles centrales de deceleración

Se puede diseñar carriles de deceleración para girar a la izquierda desde una carretera principal, los cuales por lo general se sitúan en el centro de la carretera, con esta finalidad y si los volúmenes de tránsito lo requieren, se diseñarán los ensanchamientos necesarios en la zona de cruzamiento.

En la **Figura 502.22** se muestra un carril de este tipo. Las longitudes LC y LD son las que corresponden a las **Figuras 502.19** y **502.20** respectivamente, a las cuales hay que sumarle una longitud LE, a lo largo de la zona de espera, que depende del flujo vehicular.

Si existe un semáforo en el punto D de la **Figura 502.22**, la longitud de espera (LE) se determinará del cálculo del largo de las filas de vehículos en espera en un ciclo, estimándose en 7,5 m el espacio promedio requerido por cada vehículo.

Figura 502.22
Carril central de deceleración

Ancho de Sardinel
X
A
B
C
D
Yx
b
b
PARE
C = 0.60
a
1.80 m
LC
LD
LE
TABLA 502.11
LT
Figuras 502.20 y 502.21
NOTA: Para valores de Yx = f(x). Véase Tabla en figura 502.22 (C = 0.60 m a = 1.20 m)

Si en lugar de un semáforo, existe una señal "PARE", el valor de la longitud de espera (LE), se obtendrá de la **Tabla 502.12.**

Tabla 502.12
Valores de longitud de espera de vehículos

Nº Veh/h que giran	30	60	100	200	300
Longitud de espera LE (m)	8	15	30	60	75

502.10 Tránsito por el separador central

En las autopistas, las intersecciones tienen por finalidad posibilitar el tránsito vehicular que cruza la vía o realiza giros a la izquierda, por la zona del separador central.

La pendiente transversal en la zona del separador no debe superar el 5%, y el ancho de la abertura del separador central, no debe ser menor a 12 m. En todo caso, dichas dimensiones deben especificarse en el diseño, de acuerdo a los requerimientos de las vías que se cruzan.

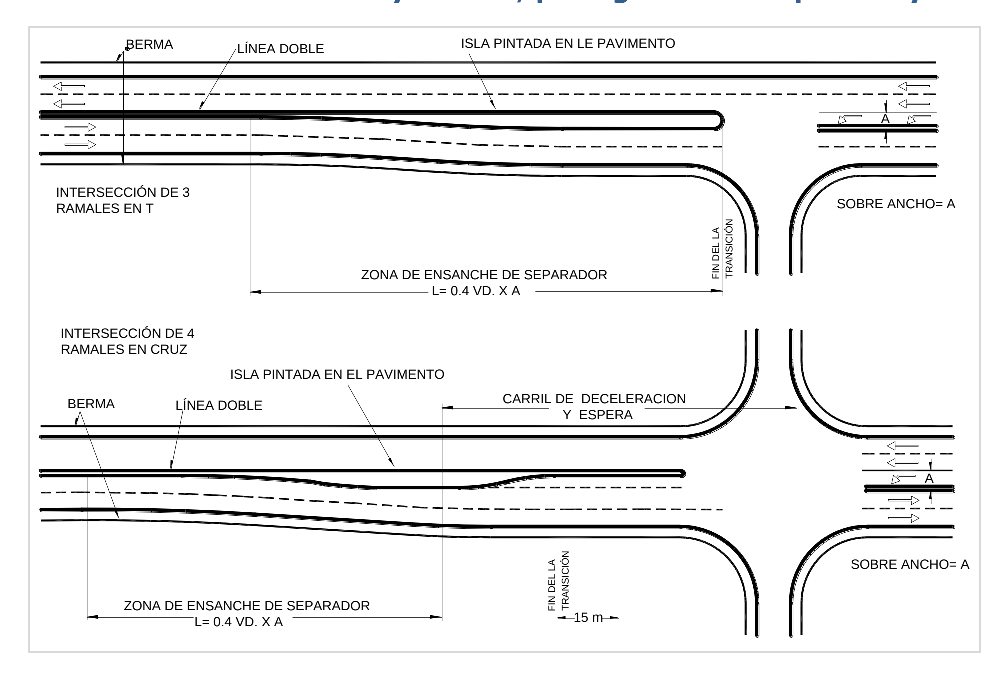
502.10.01 Cruces y giros a la izquierda

A continuación se muestran algunos ejemplos de giros a la izquierda en intersecciones con separadores centrales y dimensiones de aberturas.

En la **Figura 502.23**, se aprecia dos casos de intersecciones a nivel en "T" y en "+" para giros a la izquierda y de cruce.

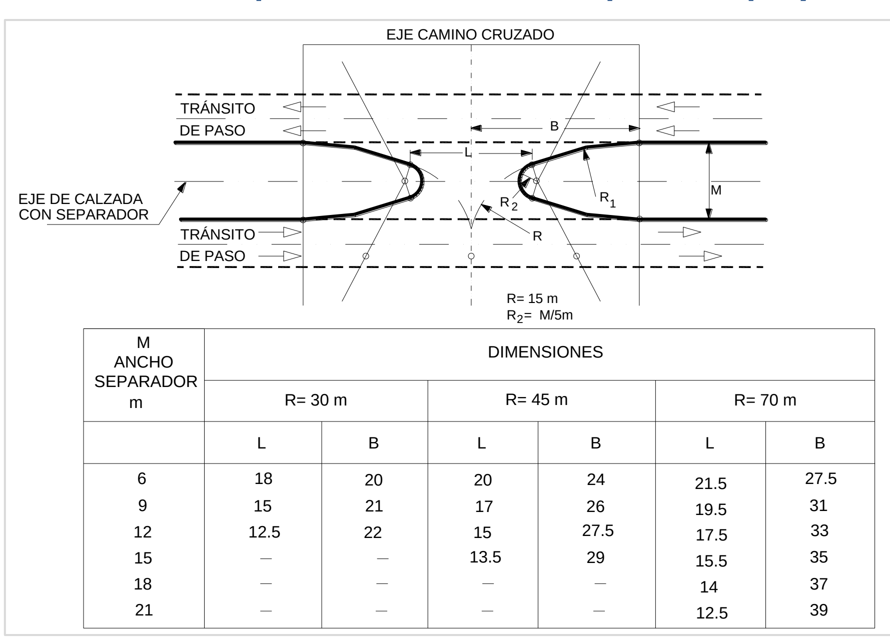


Figura 502.23
Intersecciones a nivel en "T" y en "+", para giros a la izquierda y de cruce



En la **Figura 502.24**, se muestra el diseño de la abertura de un separador, en el que se aprecia el detalle de un remate en punta de proyectil.

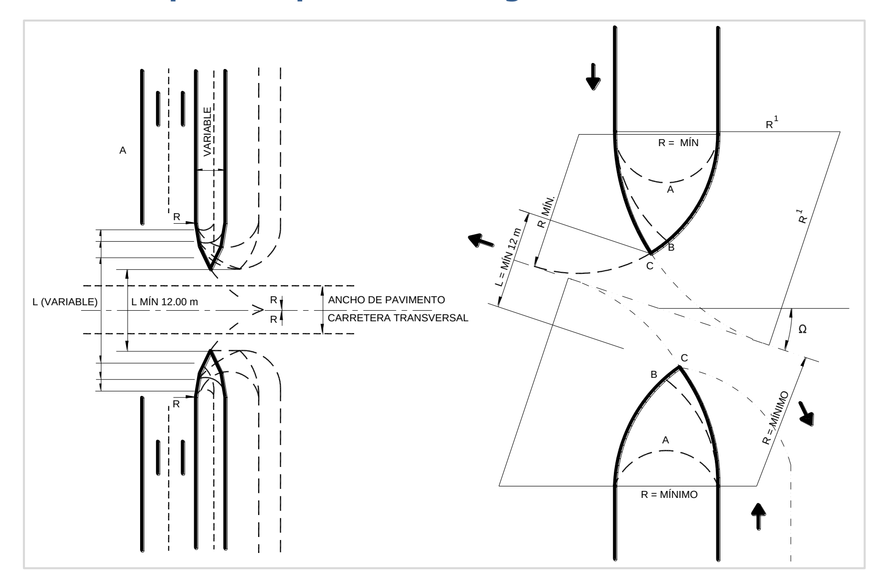
Figura 502.24
Aberturas de separador con remate en punta de proyectil



M ANCHO SEPARADOR m	DIMENSIONES					
	R= 30 m		R= 45 m		R= 70 m	
	L	B	L	B	L	B
6	18	20	20	24	21.5	27.5
9	15	21	17	26	19.5	31
12	12.5	22	15	27.5	17.5	33
15	–	–	13.5	29	15.5	35
18	–	–	–	–	14	37
21	–	–	–	–	12.5	39

En la **Figura 502.25**, se muestra el detalle de la abertura de un separador, para radio de giro mínimo con y sin esviajes en el cruce.

Figura 502.25
Abertura de separador para radio de giro mínimo con o sin esviaje



La **Tabla 502.13**, contiene dimensiones de aberturas de separadores centrales para permitir giros a la izquierda en condiciones mínimas.

Tabla 502.13

Dimensiones de aberturas de separadores centrales para giros a la izquierda Vehículo tipo Vp radio de giro mínimo 15 m

Esviaje	Ancho Separador (m)	Ancho de aberturas normales al camino que cruza (m)			R1 Caso C asimétrico (m)
		Semi-círculo A	Punta de Proyectil		
			Simétrico B	Asimétrico C	
0º	1.00	29.0	29.0	------	------
	2.00	28.0	23.0	------	------
	2.50	28.0	21.0	------	------
	3.00	27.0	19.0	------	------
	6.00	24.0	13.0	------	------
	9.00	21.0	12.0 mín.	------	------
	12.00	18.0	12.0 mín.	------	------
	15.00	15.0	12.0 mín.	------	------
	18.00	12.0	12.0 mín.	------	------
10º	3.00	32.0	24.5	23.0	21.5
	6.00	28.0	17.5	16.0	20.5
	9.00	24.5	13.5	12.0 mín.	19.5
	12.00	21.5	12.0 mín.	12.0 mín.	19.0
	15.00	18.0	12.0 mín.	12.0 mín.	18.5
	18.00	14,0	12.0 mín.	12.0 mín.	18.0
20º	3.00	37.0	29.5	27.5	29.5
	6.00	32.5	22.0	19.5	27.5
	9.00	28.5	18.0	14.5	26.0
	12.00	24.5	14.5	12.0 mín.	24.5

Esviaje	Ancho Separador (m)	Ancho de aberturas normales al camino que cruza (m)			R1 Caso C asimétrico (m)
		Semi-círculo A	Punta de Proyectil		
			Simétrico B	Asimétrico C	
	15.00	20.5	12.0 mín.	12.0 mín.	23.0
	18.00	16.0	12.0 mín.	12.0 mín.	21.5
30º	3.00	41.0	35.0	32.0	42.5
	6.00	36.5	27.5	23.0	39.5
	9.00	31.5	22.5	17.5	36.5
	12.00	27.5	18.5	12.5	33.5
	15.00	23.0	15.5	12.0 mín.	30.5
	18.00	18.0	12.0	12.0 mín.	27.5
40º	3.00	44.5	38.5	36.0	64.0
	6.00	40.0	32.0	27.5	58.5
	9.00	35.0	27.5	20.5	53.0
	12.00	30.0	23.5	15.5	47.5
	15.00	25.0	19.5	12.0 mín.	42.0
	18.00	19.5	15.5	12.0 mín.	36.5

* Esviaje medido como el número de grados sexagesimales que separa el camino secundario de la normal al camino principal.

502.10.02 Giros en U en torno al separador central

El diseño geométrico de carreteras, no debe considerar giros de esta naturaleza, por tratarse de maniobras que ponen en riesgo la seguridad vial; en todo caso, en las intersecciones a nivel de las autopistas, debe diseñarse rotondas u otra solución adecuada, para el retorno de los vehículos.

502.11 Islas

502.11.01 Generalidades

Las islas son áreas resultantes del diseño de una intersección a nivel y se constituyen en elementos básicos para el manejo y separación de conflictos. Se sitúan entre los carriles de circulación, teniendo como objetivo guiar el movimiento de los vehículos, servir de refugio a los peatones y proporcionar una zona para la ubicación de la señalización e iluminación; pueden estar delineadas por marcas o barras de resalto y también pueden ser elevadas sobre el pavimento, limitadas por sardineles. También son denominadas plazoletas.

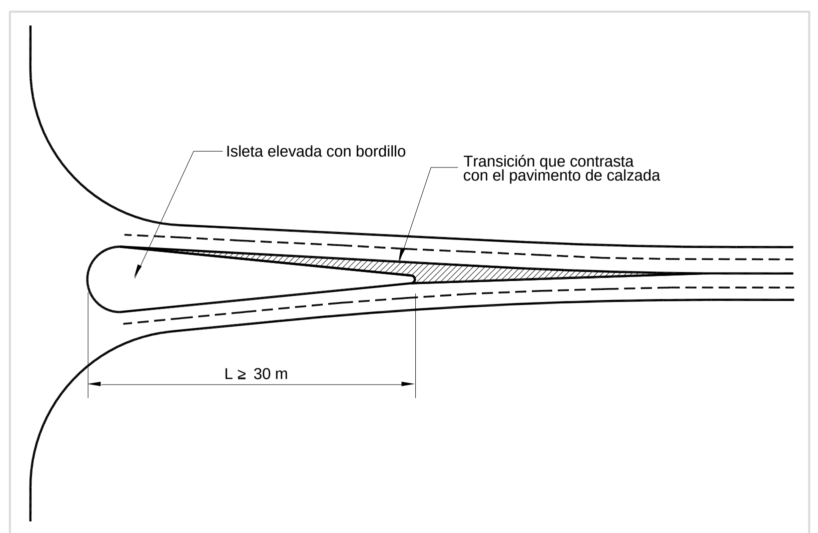
502.11.02 Tipos de islas

Las islas pueden agruparse en tres clases principales, según su función: divisorias o separadora; canalización, encauzamiento o direccionales y de refugio.

Islas divisorias o separadoras. Tienen forma de lágrima y se usan principalmente en las cercanías de las intersecciones, en carreteras no divididas, sirven asimismo para separar sentidos de circulación igual u opuesta. Deben tener una longitud mínima de 30 m y de preferencia 100 m o más.

Este tipo de isla, se emplea con frecuencia en carreteras sin división central, para avisar a los conductores de la presencia ante ellos de un cruce, a la vez que regulan el tránsito a través de la Intersección, en la Figura 502.26 se muestra un ejemplo de isla divisoria o separadora con sardinel.

Figura 502.26
Isla divisoria o separadora con sardinel

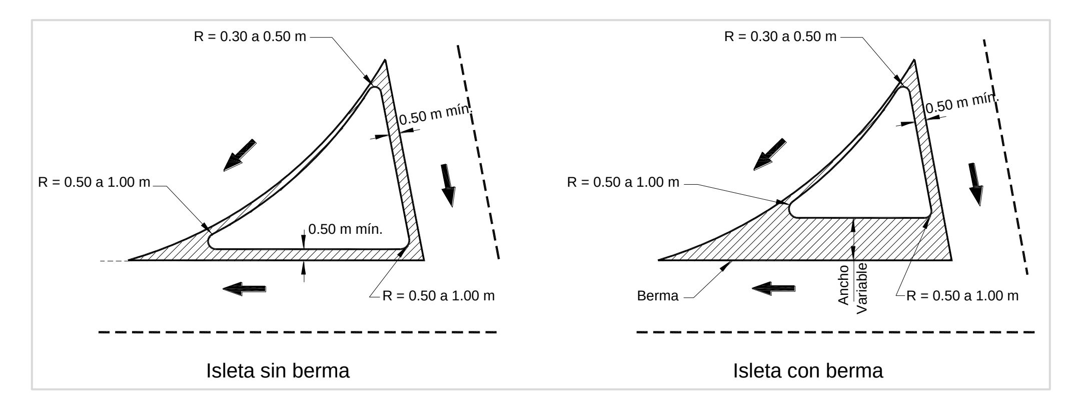


Islas de canalización, encauzamiento o direccional. Son diseñadas para controlar y dirigir los movimientos de tránsito, especialmente los de giro, determinan el recorrido correcto que debe seguir un conductor para efectuar un movimiento específico dentro de la intersección.

Pueden ser de diversas formas y tamaños, según las características y dimensiones de la intersección: triangulares, para separar giros a la derecha, y centrales, alrededor de las cuales los vehículos efectúan sus giros. Las islas centrales deben tener como mínimo entre 4.50 m^2 y 7.00 m^2, y las triangulares deben tener un lado, como mínimo de 2.40 m a 3.60 m.

En la Figura 502.27 se muestra un ejemplo de Islas de canalización, encauzamiento o direccional.

Figura 502.27
Islas de canalización, encauzamiento o direccional



Islas refugio. Son las que sirven para proporcionar una zona de protección a los peatones, pueden emplearse para evitar cruces demasiado largos y facilitar los cruces por los ramales en intersección**.**

502.12 Perfil longitudinal de intersecciones

La Figura 502.28, muestra la solución del perfil longitudinal de una intersección en "T".

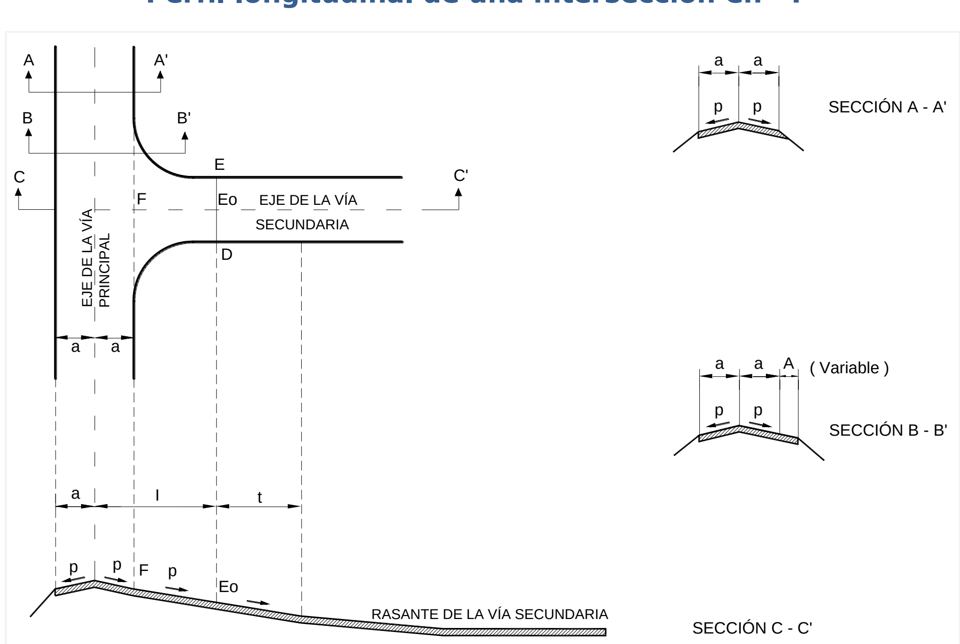
De dicha figura se puede anotar, que el perfil longitudinal de la vía secundaria, puede iniciarse en un punto cualquiera entre Eo y F, con lo cual, el plano en el que se inscribirá

la intersección, seguirá siendo una prolongación del carril correspondiente, pero con una pendiente variable en el sentido del eje de la vía secundaria.

La pendiente inicial del perfil longitudinal de la vía secundaria, deberá ser de preferencia, la del carril prolongado. Sin embargo, en casos justificados, podrá permitirse diferencias de inclinación de hasta 4% en el caso de condición de parada, y de 0,5% en el caso de un "CEDA EL PASO"

Figura 502.28

Perfil longitudinal de una intersección en "T"



502.13 Intersecciones rotatorias o rotondas

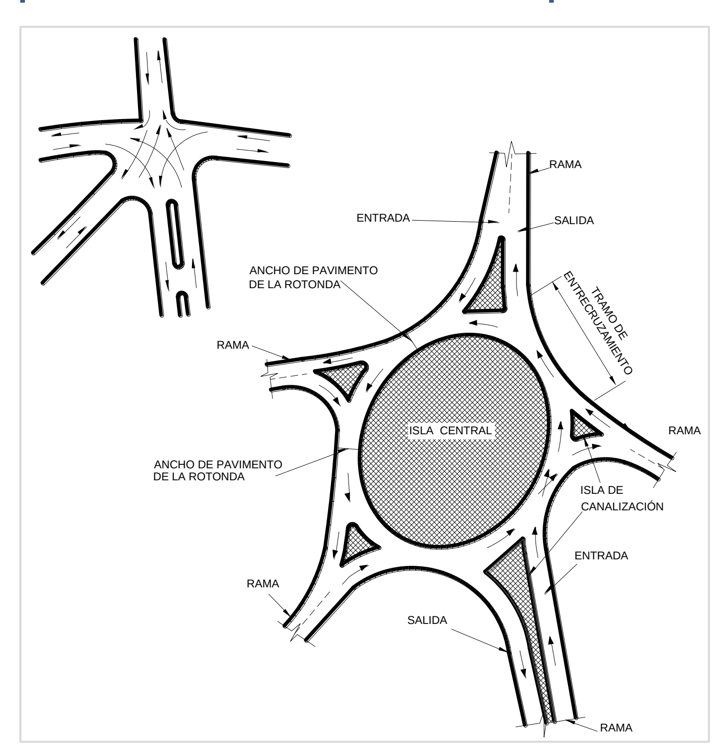
502.13.01 Generalidades

La intersección rotatoria a nivel, también conocida como rotonda o glorieta, se distingue porque los flujos vehiculares que acceden a ella por sus ramas, circulan mediante un anillo vial, en el cual la circulación se efectúa alrededor de una isla central. Las trayectorias de los vehículos en el anillo, son similares a los entrecruzamientos, razón por la cual el número de puntos de conflicto, es menor que en otros tipos de intersecciones a nivel.

Las rotondas son ventajosas, si los volúmenes de tránsito de las ramas de acceso son similares, o si los movimientos de giro predominan sobre los de paso. En los tramos que las carreteras atraviesan zonas urbanas, las rotondas con semáforo, alivian congestiones por exceso de flujos o reparto desequilibrado de la demanda por rama.

En la **Figura 502.29**, presenta el esquema básico de una intersección tipo rotonda o glorieta.

Figura 502.29
Esquema básico de una intersección tipo rotonda o glorieta



502.13.02 Elementos de diseño en rotondas

- **Criterios generales:** El diseño de este tipo de solución, debe basarse en los estudios de tráfico correspondientes, en lo pertinente a la capacidad de la rotonda y el dimensionamiento de las secciones de entrecruzamiento, para lo cual puede seguirse el siguiente procedimiento:
  - Se propone una longitud de la sección de entrecruzamiento compatible con la geometría de la solución.
  - Se determina la capacidad de cada sección de entrecruzamiento propuesta.
  - Se compara dicha capacidad con el volumen de demanda de entrecruzamiento.

Para el cálculo de la capacidad de la sección de entrecruzamiento, Qp, se utiliza la fórmula de Wardrop:

$$Qp = \frac{\left[160W\left(\frac{1+e}{W}\right)\right]}{\left(1+\frac{W}{L}\right)}$$

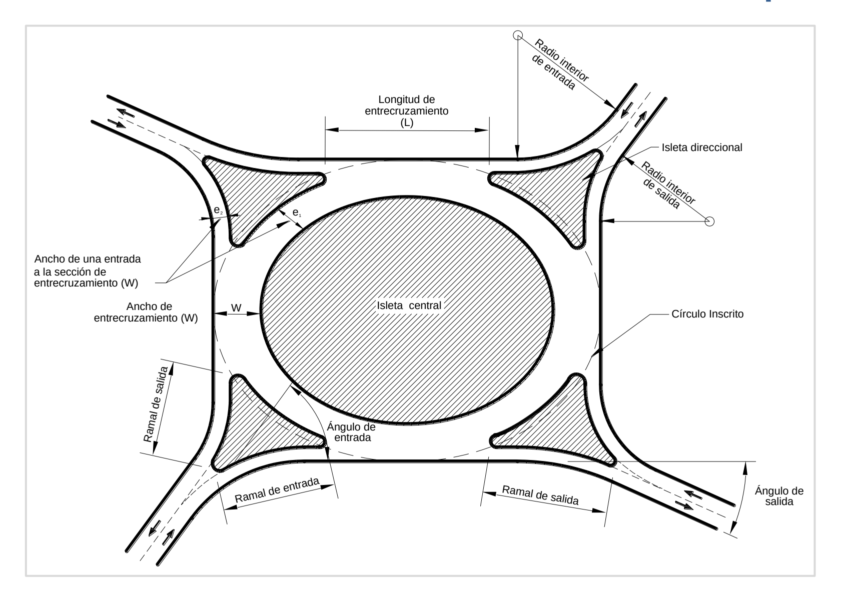
$$e = \frac{(e_1 + e_2)}{2}$$

Dónde:

Qp	:	Capacidad de la sección de entrecruzamiento, como tránsito mixto, en vehículos / hora.
W	:	Ancho de la sección de entrecruzamiento, en metros.
e	:	Ancho promedio de las entradas a la sección de entrecruzamiento, en metros.
e_1, e_2	:	Ancho de cada entrada a la sección de entrecruzamiento, en metros.
L	:	Longitud de la sección de entrecruzamiento, en metros.

En la **Figura 502.30**, se muestran los elementos contenidos en la fórmula de Wardrop.

Figura 502.30
Elementos contenidos en la fórmula de Wardrop



- **Criterios geométricos.** En la **Tabla 502.14** se presentan los criterios de diseño geométrico aplicables a las glorietas.

Tabla 502.14
Criterios de diseño geométrico de rotondas

Descripción		Unidad	Magnitud
Diámetro mínimo de la isla central		m	25
Diámetro mínimo del círculo inscrito		m	50
Relación W/L (Sección entrecruzamiento)			Entre 0.25 y 0.40
Ancho sección entrecruzamiento (W)		m	Máximo 15
Radio interior mínimo de los accesos	De entrada	m	30
	De salida	m	40
Ángulo ideal de entrada			60°
Ángulo ideal de salida			30°

- **Islas direccionales**. El dimensionamiento de las islas direccionales será consecuencia de la geometría general de la solución; sin embargo, éstas deben tener como mínimo entre 4.50 m^2 y 7.00 m^2.

- Ramales de entrada y salida. Para el diseño de los ramales de entrada y salida, se aplicarán los criterios y dimensiones mínimas establecidas en el presente Manual, en lo relativo a anchos de calzada, bermas, peraltes, visibilidad y radios mínimos en función de la Velocidad de Diseño adoptada.

SECCIÓN 503
Intersecciones a desnivel

Es una solución de diseño geométrico, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas en niveles diferentes, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos posibles de cambios de trayectoria de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible.

Un paso a desnivel se construye, con el objeto de aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad vial insuficientes, o para mantener las características funcionales de un itinerario sin intersecciones a nivel.

Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones posibles de seguridad, visibilidad, funcionalidad y capacidad.

En las autopistas de Primera Clase, es condición indispensable que toda intersección sea a desnivel, en cambio en las autopistas de Segunda Clase y carreteras de Primera Clase, es posible la combinación de intersecciones a nivel y desnivel.

503.01 Clasificación y tipo de intersecciones a desnivel

La clasificación y tipo de intersecciones a desnivel son las siguientes:

- Intercambios de Tres Ramas: Tipo Trompeta "T", Direccionales en "T" y Direccionales en "Y".
- Intercambios de Cuatro Ramas con Condición de Parada: Tipo Diamante – Clásico, Tipo Diamante – Partido y Tipo Trébol Parcial (2 cuadrantes).
- Intercambios de Cuatro Ramas de Libre Circulación: Tipo Trébol Completo (4 cuadrantes), Rotatorios, Omnidireccionales, de Tipo Turbina y de más de Cuatro Ramas

La **Figura 503.01**, presenta diferentes tipos de intersecciones viales a desnivel.

Figura 503.01
Tipos de intersecciones a desnivel

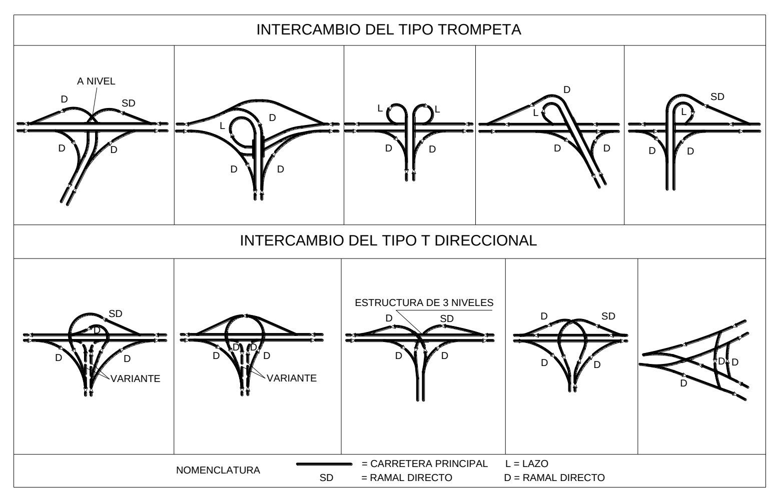
DE CUATROS RAMAS				DE TRES RAMAS	
DE LIBRE CIRCULACIÓN		CON CONDICIÓN PARADA		DIRECCIONALES	TROMPETAS
OTROS	TRÉBOL COMPLETO	DIAMANTES	TRÉBOL PARCIAL		

503.02 Intercambios de tres, cuatro y más ramas

503.02.01 Intercambios de tres ramas

Un intercambio de tres ramas es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, perdiendo desde ese punto su continuidad. En la **Figura 502.02**, se muestran ejemplos de este tipo de intercambio.

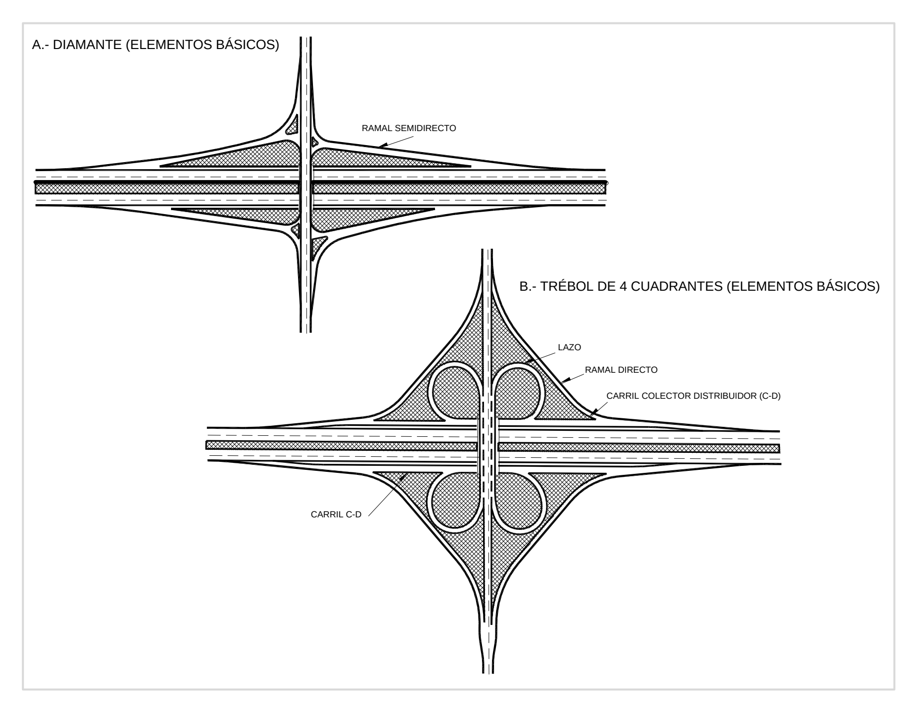
Figura 503.02
Intercambio de tres ramas



503.02.02 Intercambio de cuatro y más ramas

Un intercambio de cuatro ramas es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, sin perder su continuidad, con detención de algunos flujos de tránsito o libre circulación de todos los flujos. En la **Figura 503.03**, se presentan los dos tipos más característicos de intercambio con y sin condición de parada, los cuales son: tipo diamante y trébol.

Figura 503.03
Tipos característicos de intercambios de cuatro ramas (diamante y trébol)



En las **Figuras 503.04** y **503.05**, se presenta ejemplos de intercambio tipo diamante.

Figura 503.04
Intercambio de cuatro ramas tipo diamante clásico

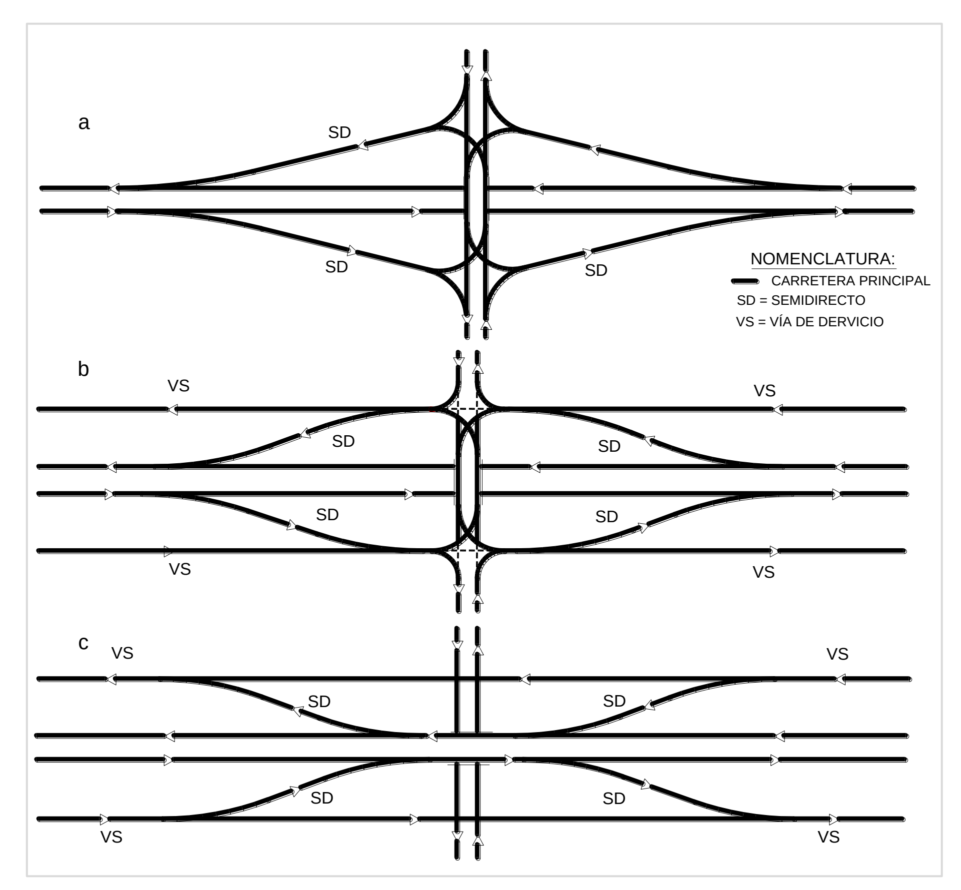
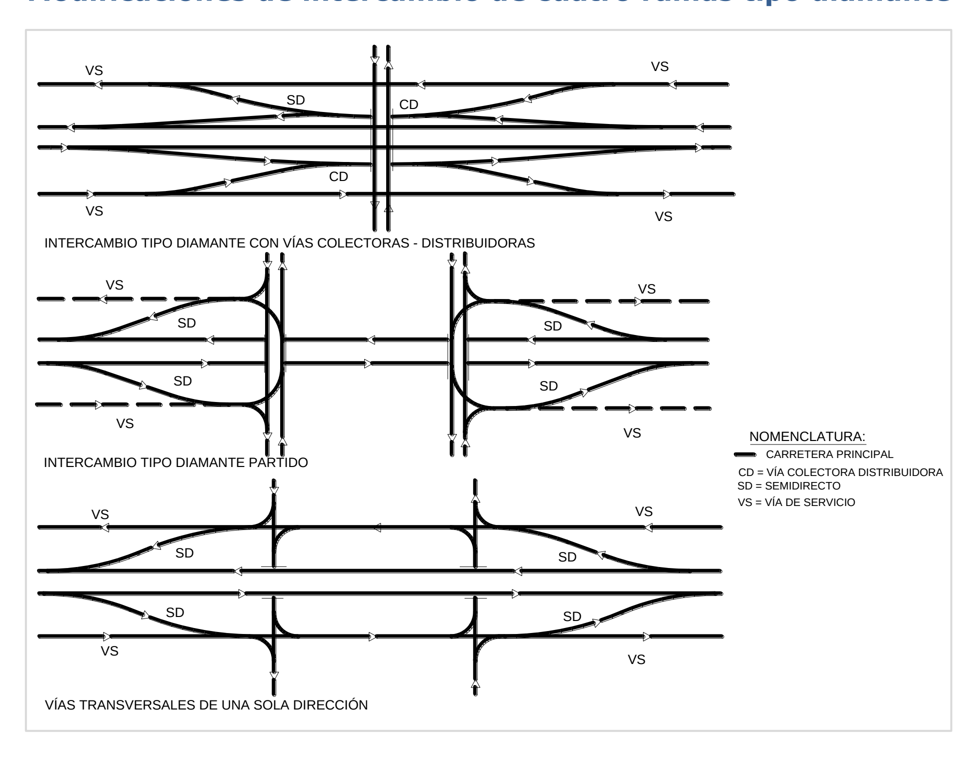


Figura 503.05
Modificaciones de intercambio de cuatro ramas tipo diamante



En las Figuras 503.06, 503.07 y 503.08, se presenta ejemplos de intercambios de cuatro ramas tipo trébol.

Figura 503.06
Intercambios tipo trébol parcial

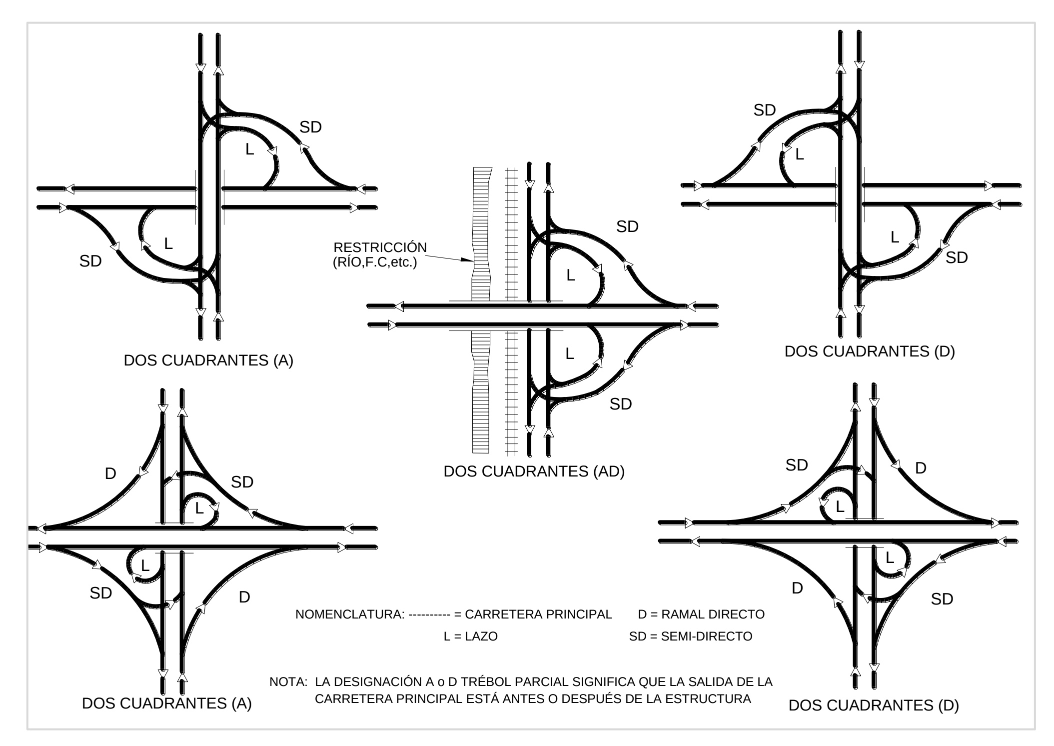


Figura 503.07
Intercambios tipo trébol simétricos de libre circulación

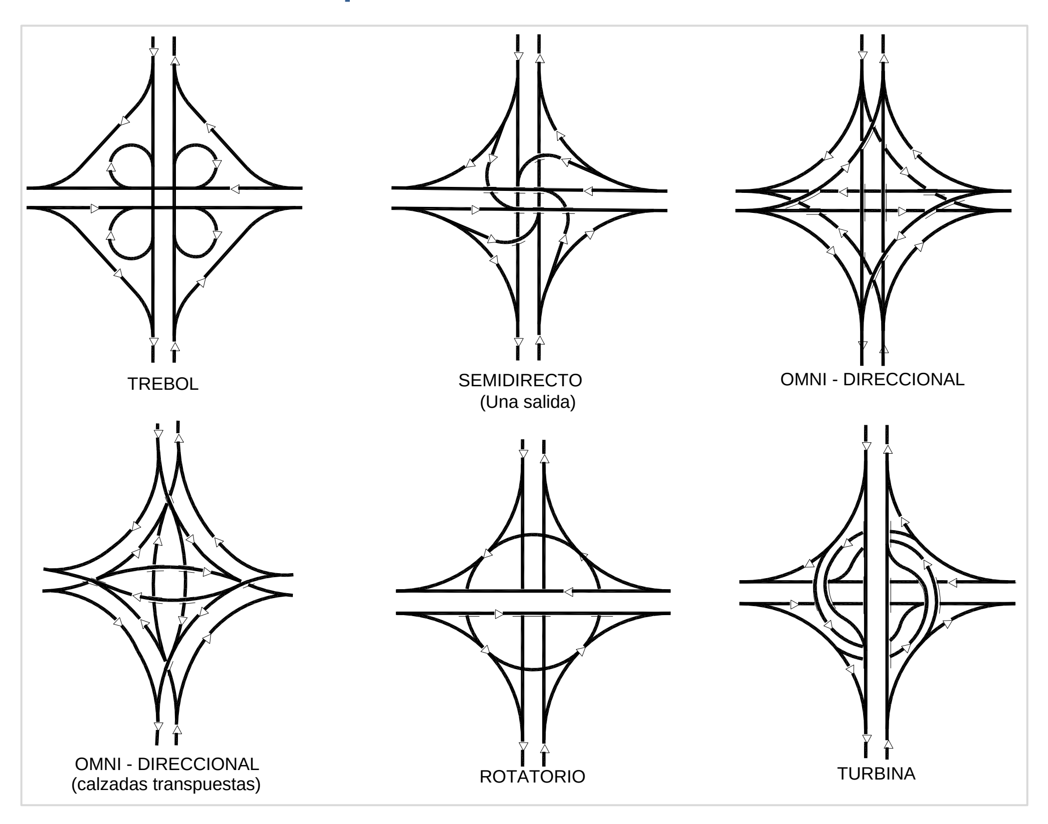
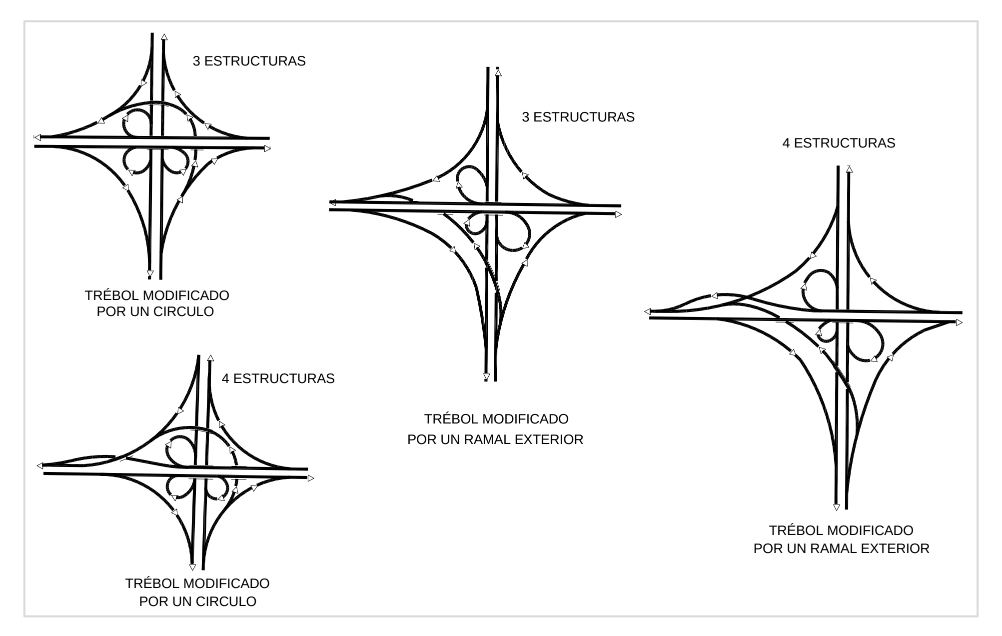




Figura 503.08
Intercambios tipo trébol no simétricos de libre circulación



En las Figuras 503.09 y 503.10, se presenta ejemplos de intercambios de más de cuatro ramas tipo trébol.

Figura 503.09
Intercambios de más de cuatro ramas con giros a la izquierda mayores a la capacidad de lazos

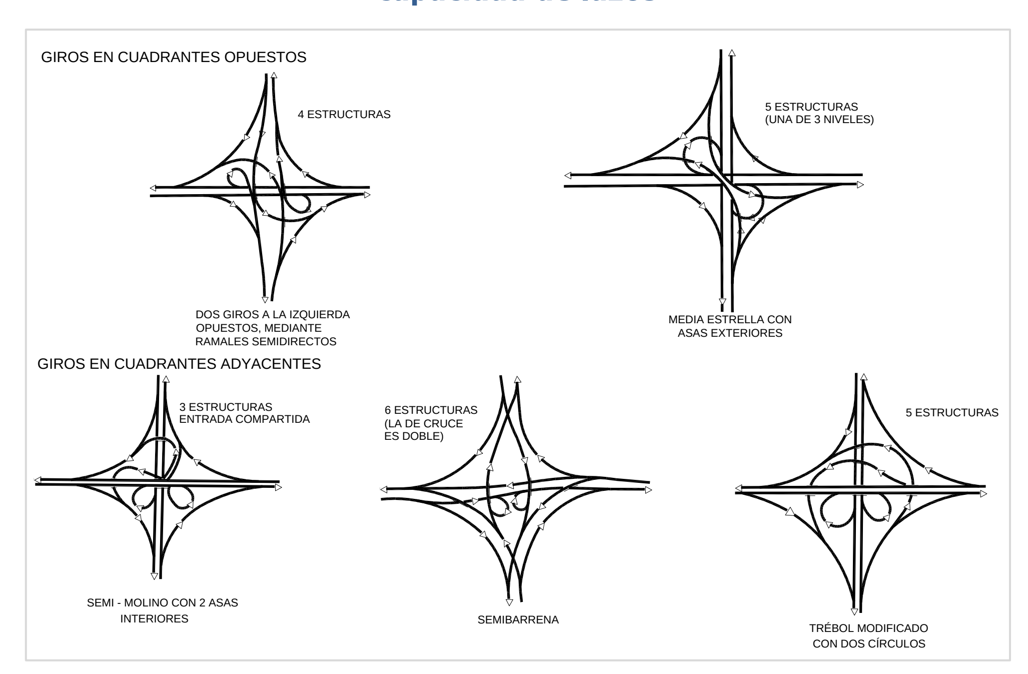
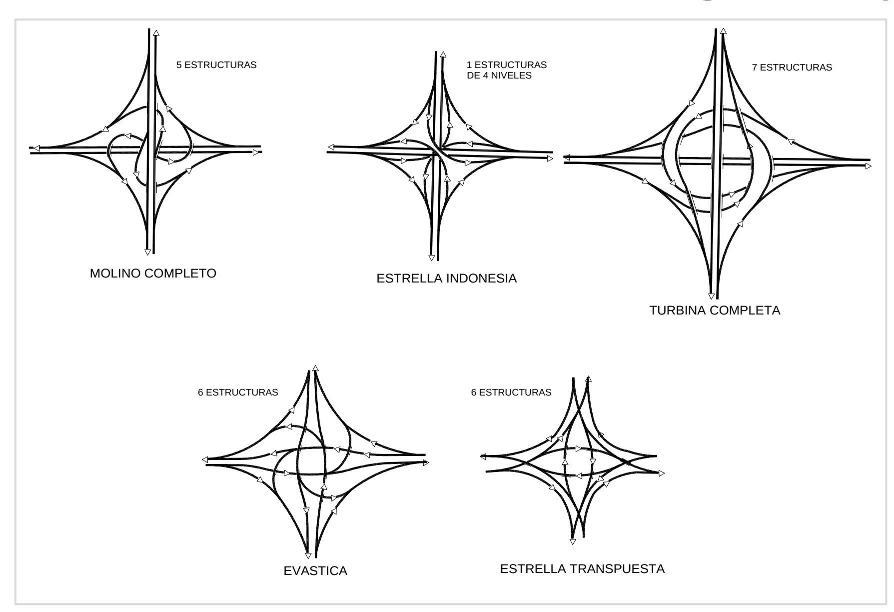




Figura 503.10
Intercambios de más de cuatro ramas con todos los giros a la izquierda

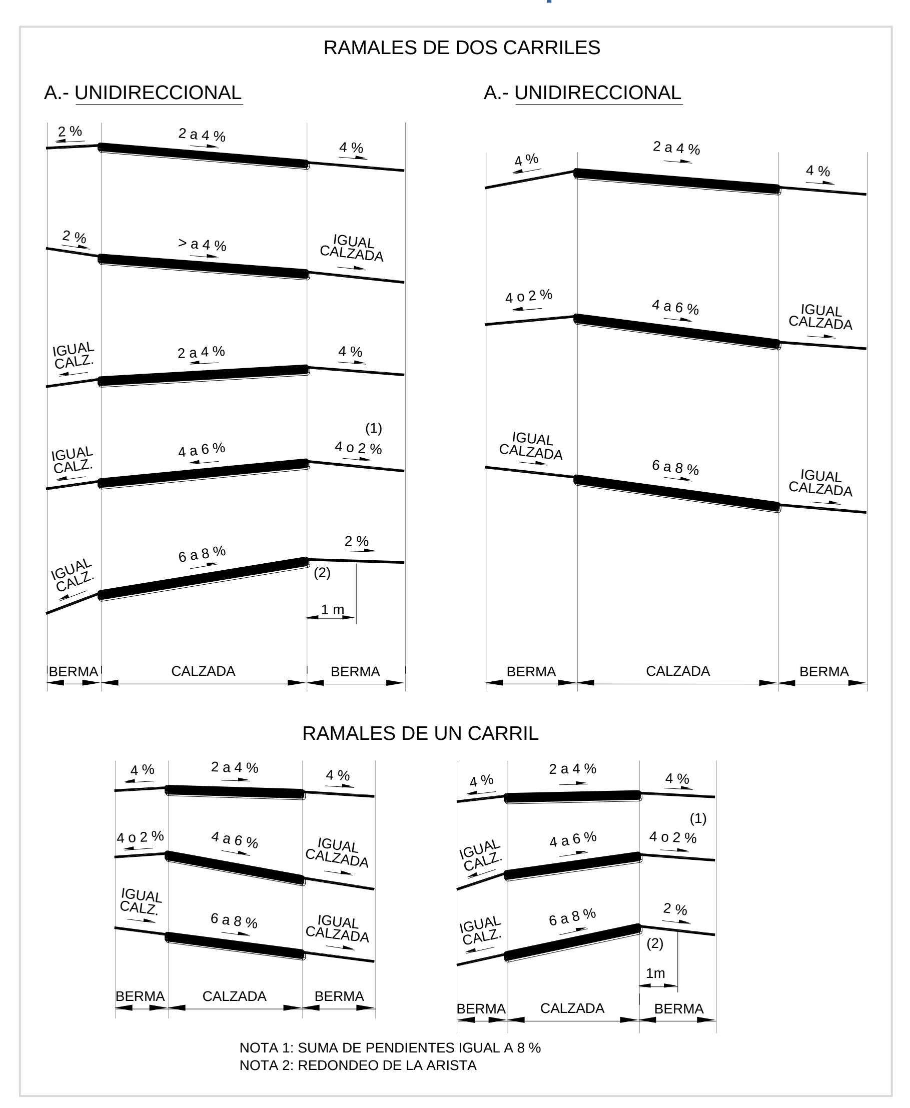


503.03 Ramales

Los ramales interconectan las vías involucradas en la intersección vial, pudiendo adoptar una variedad de formas, agrupándose básicamente en tres categorías en función a sus formas: ramales directos, semidirectos y de enlace.

La **Figura 503.11**, presenta ejemplos de secciones transversales de ramales.

Figura 503.11
Secciones transversales tipo de ramales



En la **Figura 503.12 y 503.13**, se presentan ejemplos de ramales directos, semidirectos y de enlace.

Figura 503.12
Ramales de enlace

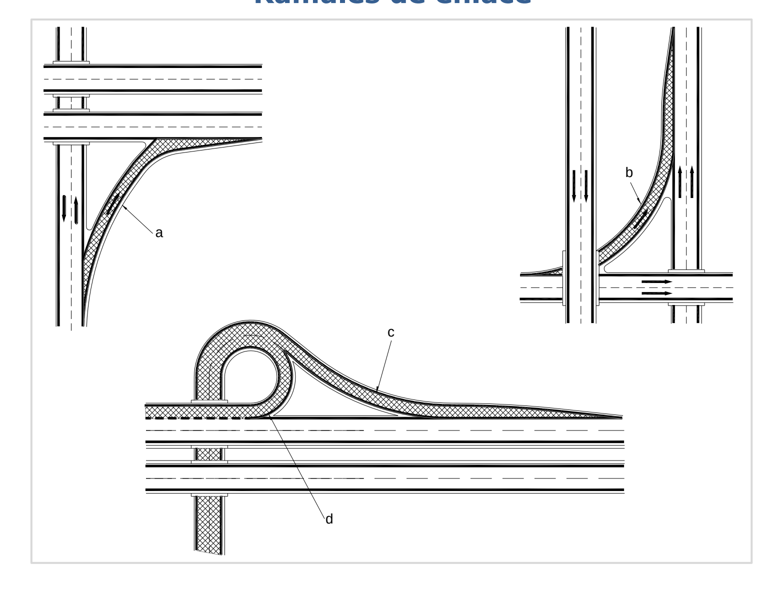
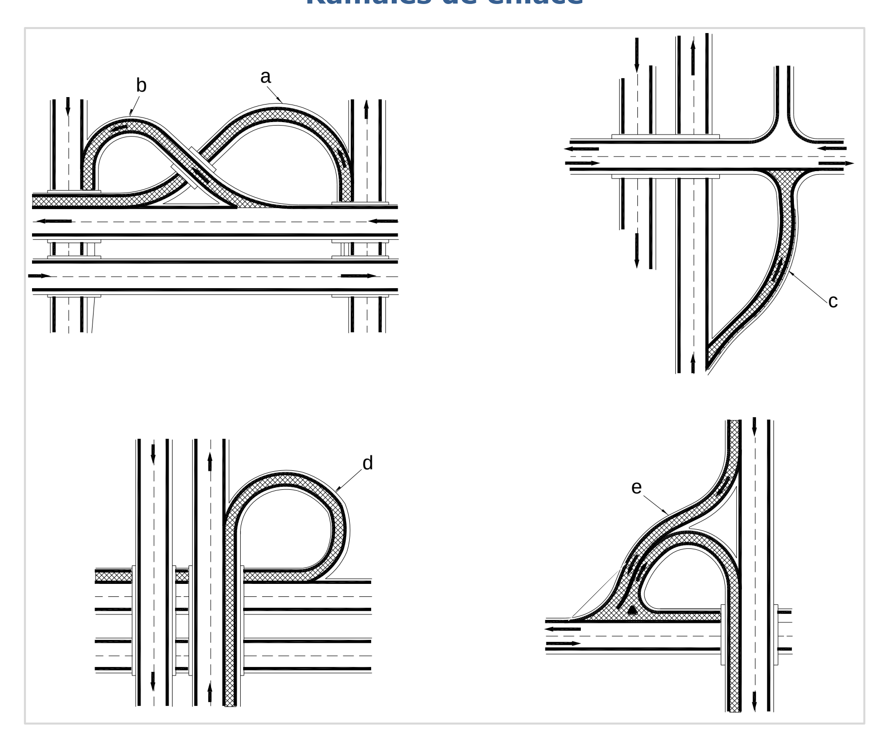
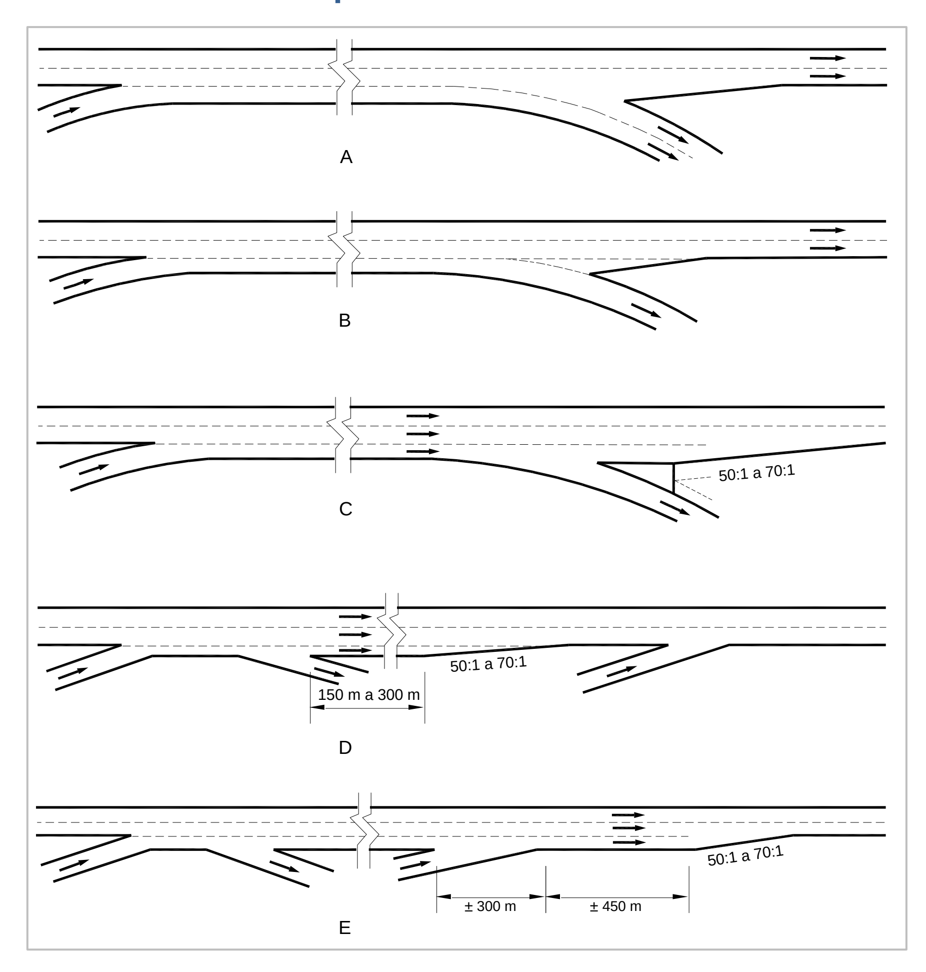


Figura 503.13
Ramales de enlace



En la **Figura 503.14**, se presentan otros tipos de ramales de enlace.

Figura 503.14
Otros tipos de ramales de enlace



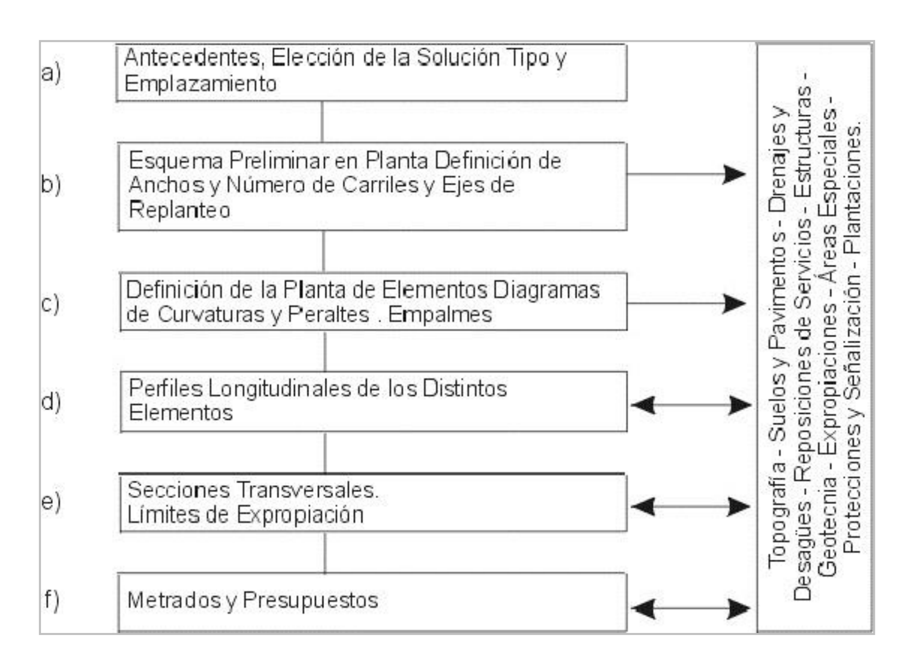


503.04 Criterios de diseño geométrico

503.04.01 Esquema general de diseño

En el **Esquema 503.01**, se presenta una secuencia general de las actividades que comprenden el diseño geométrico de un intercambio vial a desnivel.

Esquema 503.01
Secuencia general de actividades de diseño geométrico de un intercambio vial a desnivel



Las seis etapas del indicado esquema, contiene al lado izquierdo, el conjunto de actividades que abarcan el diseño propiamente dicho del intercambio vial a desnivel; en tanto que al lado derecho, considera las actividades que indirectamente interactúan con él y entre sí durante el diseño del proyecto.

503.04.02 Criterios generales de diseño

Para el diseño geométrico de una intersección a desnivel, se debe partir de los resultados del estudio de tráfico correspondiente.

a. Capacidad de las vías y flujos emergentes

En la **Tabla 503.01**, se indica la capacidad de las vías principales y de las vías de enlace en intersecciones a desnivel.

Tabla 503.01
Capacidad de las vías en intersecciones a desnivel

Tipo de Vía	Ancho del Carril (metros)	Capacidad por carril (vehículo/hora)
Vía Principal	3,60	1.500
Vía Secundaria	3,30	1.350
Vía de Enlace		1.200
Carril de Deceleración		1.200, Colocar señal informativa antes de llegar a la intersección (200 m).

Flujo emergente, es el máximo proveniente del carril más cercano anterior al punto de entrada, más el flujo de la vía secundaria que conecta a la principal. Por lo general dicho flujo está comprendido entre 1.300 y 2.000 vehículos/hora. Si el flujo que emerge es superior a 2.000 vehículos/hora, se debe proveer un carril adicional en la vía principal, más allá del punto de intersección.

b. Diseño en planta

Sección de entrecruzamiento

La sección de entrecruzamiento corresponde a aquella dónde se entrecruzan los distintos flujos vehiculares que siguen un mismo sentido de circulación, la cual consta del número mínimo de carriles que se requiere en la sección de entrecruzamiento, y la longitud mínima de la indicada sección de entrecruzamiento.

El número mínimo de carriles de entrecruzamiento, se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$N = \frac{(W1 + K\,W2 + F1 + F2)}{C}$$

Dónde:

N : Número de carriles de entrecruzamiento.

W1 : Volumen vehicular mayor que se entrecruza.

K : Factor de entrecruzamiento (1 a 3)

W2 : Volumen vehicular menor que se entrecruza.

F1, F2 : Flujos exteriores que no se entrecruzan.

C : Capacidad normal del carril de la vía principal.

Por último, es conveniente que para verificar la conveniencia técnica de la solución, se lleve a cabo el análisis con un modelo de simulación de tránsito, que permita examinar el funcionamiento de la intersección en conjunto con la malla vial aledaña.

En la **Tabla 503.02**, se presentan volúmenes vehiculares por hora de servicio, correspondientes a la calidad del flujo deseado.

Tabla 503.02
Volúmenes vehiculares de servicio según calidad de flujo

Calidad de Flujo	C: (Volumen por carril)
I	2.000
II	1.900
III	1.800
IV	1.700
V	1.600

La calidad de flujo deseado, equivale a lo que se denomina niveles de servicio en la capacidad de las carreteras con tránsito ininterrumpido. La **Tabla 503.03**, presenta la relación existente entre el nivel de servicio y la calidad de flujo en los tramos de entrecruzamiento.

Tabla 503.03
Relación entre el nivel de servicio y la calidad de flujo en tramos de entrecruzamiento

Nivel de servicio	Calidad de flujo en tramos de entrecruzamiento			
	Autopistas		Carreteras de dos carriles	Vías urbanas
	En la propia carretera	Carreteras conexión, colectoras, distribuidoras y de enlace		
A	I-III	II-III	II	III-IV
B	II	III	II-III	III-IV
C	II-III	III-IV	III	IV
D	III-IV	IV	IV	
E	IV-V	V	V	IV
F		Insatisfactorio		V

La longitudes mínimas de la sección de entrecruzamiento, se presentan en la **Tabla 503.04**, y que corresponden a los siguientes valores mínimos absolutos: V = 50 km/h, C=1700 y K=3.

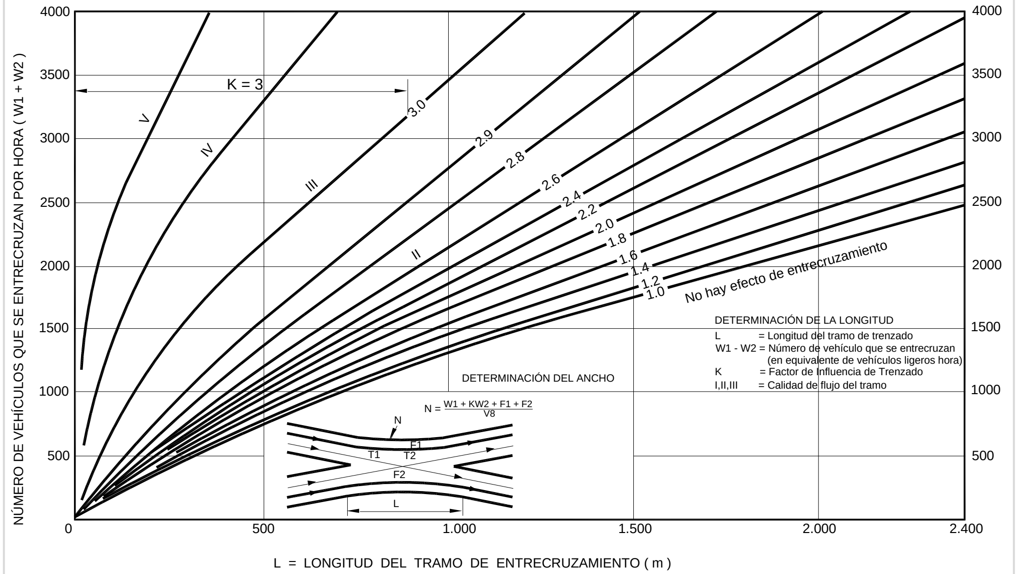
Tabla 503.04
Longitudes mínimas de entrecruzamiento

Volumen de Entrecruzamiento = W1 + W2 (vehículo/hora)	Longitud Mínima de la sección de entrecruzamiento (m)
1.000	75
1.500	120
2.000	200
2.500	290
3.000	410
3.500	565

Es factible proporcionar longitudes mayores que las mínimas indicadas en la tabla que antecede, en tales casos puede hacerse una corrección en el número de carriles, cambiando el valor de K por el que corresponda en la **Figura 503.15**, al usar una mayor longitud de entrecruzamiento.



Figura 503.15
Longitudes mayores de entrecruzamiento



En el análisis de las secciones de entrecruzamiento, debe tenerse en consideración lo siguiente:

- Cuando N es menor que 3, para un volumen total con un volumen exterior superior a 600 vehículos/hora, se debe suministrar un carril adicional para el flujo exterior.
- Cuando N es menor que 4, para un volumen total con dos volúmenes exteriores superiores a 600 vehículos/hora (cada uno), se debe suministrar un carril adicional a cada uno.
- No se tendrá en cuenta el entrecruzamiento, si la distancia en metros entre las vías de entrada y salida es igual o superior a 0,8 veces el volumen horario que se entrecruza.
- Dónde emergen dos vías, el número de carriles más allá del punto de entrada, no debe ser menor que la suma de los carriles de las calzadas que emergen menos uno (1).
- Más allá del punto de salida, el ancho de la calzada principal no se debe reducir en más de un carril.

Balance de carriles

En el diseño de intersecciones a desnivel, debe efectuarse un balance de carriles, que contemple lo siguiente:

- La distancia entre puntos de salida sucesivos, debe ser al menos, la longitud del carril que interviene en el cambio de velocidad y debe incrementarse hasta dónde sea necesario, para facilitar las maniobras y la señalización.
- La distancia mínima entre puntos consecutivos de entrada y salida, debe ser 180 m.
- El ángulo deseable entre la vía de enlace o secundaria y la calzada de la vía principal, debe estar entre 4° y 5º.
- La longitud mínima de las narices de entrada y salida, debe ser de 45 m.
- Si después de una punta de salida, el ancho de la vía principal se reduce en un carril, la reducción debe hacerse mediante una línea diagonal cuya longitud sea superior a 90 m, medidos a partir de la nariz de salida.

Carriles de cambio de velocidad

Los carriles de cambio de velocidad, deben ubicarse en los tramos en tangente y dónde los estándares del trazo longitudinal y del nivel de visibilidad son altos, no se deben ubicar en los alineamientos curvos de la vía principal.

Vías de enlace

En la **Tabla 503.05** se presentan los criterios correspondientes a velocidad de diseño, ancho de la calzada y pendiente en vías de enlace de intersecciones a desnivel.

Tabla 503.05
Velocidad de diseño, ancho de calzada y pendiente en vías de enlace

Descripción	Criterio	
Velocidad de diseño	Adecuarla a la demanda de tránsito para lograr una capacidad suficiente y, por homogeneidad, se procurará que no sea inferior a la mitad de la velocidad correspondiente a la vía de la que procede. Si es un enlace, mínimo 25 km/h.	
Ancho de calzada	Mínimo 4,0 m de calzada. Si el volumen de tránsito amerita el suministro de una vía de enlace con dos carriles, el ancho de la calzada se debe incrementar a 7,20 m.	
Sobreancho	No serán de aplicación los correspondientes a las vías principales y únicamente para radios menores de 30,0 m el ancho de calzada será de 4,50 m.	
Pendiente	Normal < 5%	
	Máxima.	8% tránsito liviano. 5% mayor porcentaje de tránsito pesado

La **Tabla 503.06**, contiene valores mínimos de velocidades de diseño en ramales de enlace.

Tabla 503.06
Valores mínimos de velocidades de diseño en ramales de enlace

		Enlaces directos entre autopistas			Enlaces directos					Enlaces semidirectos					Lazos	
		V.D Carretera de destino (km/h)														
		80	100	120	40	60	80	100	120	40	60	80	100	120	40-80	00-120
V.D Carretera de origen (km/h)	40					30	30	35	40		30	30	35	40	25	30
	60				30	35	40	45	50	30	35	40	45	30	35	
	80	60	65	70	45	50	55	60	40	45	50	35				
	100	70	80	70	60	40										
	120	80	90	100	80	70	50									

Notas:

a) Las velocidades de diseño de enlace indicadas en la tabla son las mínimas deseables, las que pueden disminuir en 5 km/h cada vez, hasta un mínimo de 25 km/h; es aplicable desde 40 km/h, a cualquier velocidad de diseño de la carretera de destino.

b) Para Velocidades de diseño de una o ambas vías, que sean intermedias entre los valores dados, se deberá interpolar.

c) Si el ramal es de doble sentido, se aplica el valor que corresponda al sentido más exigente.

La **Tabla 503.07** contiene valores de radios mínimos con peraltes máximos en ramales de enlace.

Tabla 503.07
Radios mínimos con peraltes máximos en ramales de enlace

V Ramal (km/h	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
ƒ máx %	31	28	25	23	21	19	18	17	16	15	14	13	13
p máx %	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7,5	7	6.5	6.5
R mín adoptado	15	20	30	40	55	75	90	120	140	170	240	330	400

En la **Tabla 503.08**, se presentan valores de parámetros mínimos ($A_{mín}$) de clotoides de transición, para determinadas velocidades de diseño y radios mínimos.

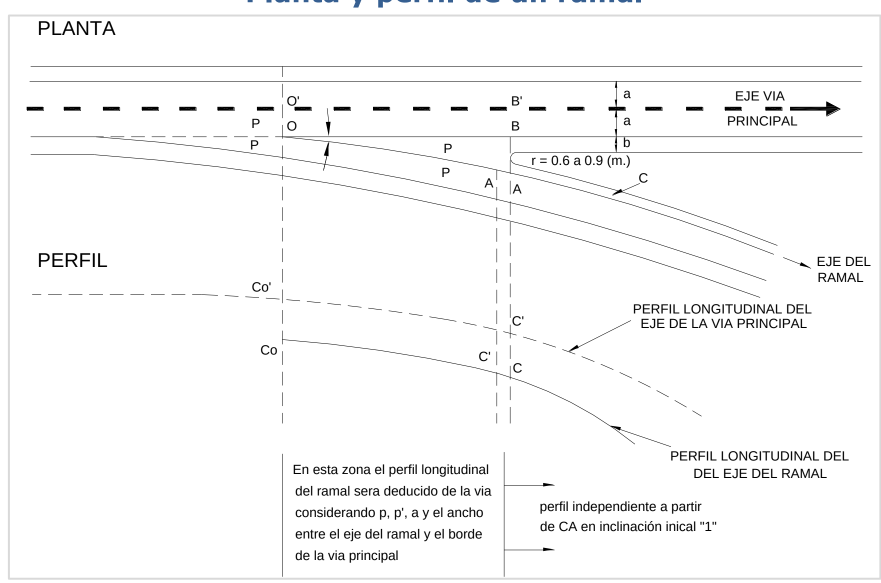
Tabla 503.08
Parámetros mínimos de clotoides

Vp Ramal (km/h)	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
R mín (m)	25	35	45	60	75	90	120	170	240	330	400
A mín (m)	20	30	35	40	50	60	70	100	135	160	190

c. Diseño en perfil

El diseño en perfil de un intercambio a desnivel, debe cumplir con los criterios, parámetros y demás disposiciones establecidas en el presente Manual, para el Diseño Geométrico en Perfil (**Sección 303**). En la **Figura 503.16**, se muestra el detalle en planta y perfil de un ramal.

Figura 503.16
Planta y perfil de un ramal



Dónde:

a : Ancho carril vía principal
O : Origen del eje ramal (en este caso, sobre el borde de la calzada)
O’ : Proyección de O sobre el eje de la vía principal
p : Peralte del carril contiguo al ramal
p_1 : Inclinación transversal de la punta (de preferencia igual a p)
p_2 : Peralte del ramal (es variable en la zona de transición)
AB : Ancho de la punta en la nariz: distancia entre bordes de calzada a partir del cual el eje longitudinal del ramal se independiza. En este caso: c + b + 0.6 < AB < c + b + 0.9.

A′	: Punto próximo a A dentro de la cuña y sobre el eje del ramal (AA´@ 1 m).
C_O	: Cota de $_{O'}$
C_O	: Cota de origen del ramal (C_o = $C_{O'}$ ± a p)
C_B	: Cota del eje de la vía principal en la nariz (en B´)
C_B	: Cota del borde del carril en la nariz (C_B = $C_{B'}$ ± a p)
C_A	: Cota de partida del perfil longitudinal del ramal en su zona independiente (C_B ± AB · p_1)
$C_{A'}$	: Cota del puente A´ (Se deduce igual que C_A)′
i	: Pendiente inicial del P.L. del ramal en su zona independiente i = (C_A - $C_{A'}$)/AA′

En la **Tabla 503.09** se presenta los parámetros mínimos para el perfil longitudinal de ramales, en función a la velocidad de diseño.

Tabla 503.09
Parámetros mínimos para el perfil longitudinal de ramales

V Ramal (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
Distancia de visibilidad de parada (m)	20	26	32	39	47	55	65	75	85	95	120	145	175
K Convexo(m)	300	300	300	400	525	700	1,000	1,400	1,700	2,200	3,500	5,000	7,200
K Cóncavo (m)	250	350	450	600	800	1,000	1,200	1,500	1,750	2,000	2,700	3,400	4,200
L mínimo (m)	15	20	20	22	25	28	32	35	40	50	60	80	100
Inclinaciones máximas de rasante (%)	± 8.0	± 8.0	± 8.0	± 8.0	± 7.5	± 7.0	± 6.5	± 6.0	± 6.0	± 5.5	± 5.0	± 4.5	± 4.0

Notas:

a) Los parámetros mínimos recomendables para una V dada, son aquellos correspondientes a la V 10 km/h superior.
b) En lugares dónde se prevean formaciones de hielo, las pendientes no deben exceder el 6%.
c) K = L/A, L= Longitud de curva vertical, A= Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.

d. Diseño de la sección transversal

El diseño de la sección transversal de un intercambio a desnivel, debe cumplir con los criterios, parámetros y demás disposiciones establecidas en el presente Manual, para el Diseño Geométrico de la Sección Transversal (**Sección 304**).

La **Tabla 503.10**, presenta valores de la máxima diferencia algebraica que debe existir entre la inclinación transversal del carril de la carretera de paso y el peralte del ramal de giro, en su arista común.

Tabla 503.10
Máxima diferencia algebraica entre inclinación transversal del carril de la carretera de paso y el peralte del ramal de giro en su arista común

Velocidad de diseño en ramal (km/h)	Diferencia Algebraica ($P_{carretera} - P_{ramal}$) %
25 – 30	5 – 8
40 – 50	5 – 6
>60	4 – 5

SECCIÓN 504
Diseño geométrico de atravesamiento de zonas urbanas

El diseño geométrico de una carretera en su paso por zonas urbanas, debe cumplir con los criterios, parámetros y demás disposiciones establecidas en el presente Manual, tanto para vehículos como para peatones.

En la **Tabla 504.01**, se presentan valores de diseño geométrico, para atravesamiento de zonas urbanas, para las velocidades de diseño indicadas en la misma.

Tabla 504.01
Valores de diseño geométrico para cruce de carreteras por zonas urbanas

Descripción		Unidad	Velocidad de diseño (km/h)		
			80	60	50
Distancia mínima de visibilidad	De parada	m	130	90	70
	De paso	m			
Pendiente longitudinal	Máxima	%	7,0	7,0	7,0
	Mínima	%	0,5	0,5	0,5
Curvas verticales	k mín. paso=L/A	m/%			50
	K mín. parada=L/A	m/%	15	10	5
	Longitud mínima	m	45	35	25
Peralte máximo		%	7	7	7
Eliminar bombeo no favorable si el radio es menor que		m	1,830	1,220	810
Emplear curva de transición si el radio es menor que		m	600	325	225
Distancia mínima a un obstáculo lateral desde el borde de la calzada		m	0.8	0.8	0.8
Altura mínima de pasos peatonales subterráneos.		m	2.50	2.50	2.50
Entretangencia entre curvas de distinto sentido		m	110	80	80
Entretangencia entre curvas del mismo sentido.		m	220	170	140
Intersecciones no semaforizadas: radio mínimo en las esquinas		m	15	15	5
Intersecciones semaforizadas	Ancho en zona Peatonal	m	3.0 a 5.0 depende del flujo peatonal		
	Ancho en tramos en tangente	m	3.0 mínimo 4.0 máximo		
	Ancho de carril en tramos en curva	m	4.5 mínimo 6.0 máximo		

CAPITULO VI

COORDINACIÓN DEL TRAZO EN PLANTA Y PERFIL, Y CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

SECCIÓN 601
Coordinación del trazo en planta y perfil

601.01 Generalidades

Las normas precedentes tiene por objeto lograr un diseño geométrico de buena calidad, es decir con niveles adecuados de visibilidad, comodidad y seguridad, lo cual conlleva a una correcta elección de los elementos en planta y perfil, que configuran el trazado. No obstante, la norma aplicada por separado al diseño en planta y perfil, no asegura un buen diseño, puesto que por ejemplo, cambios sucesivos en el perfil longitudinal no combinados con la curvatura horizontal pueden conllevar a una serie de depresiones no visibles al conductor del vehículo. Por ello, es necesario estudiar sus efectos combinados, aplicando criterios de compatibilización y funcionamiento.

La ejecución de las combinaciones posibles de los elementos verticales y horizontales del trazado, con su correspondiente apariencia en perspectiva, para la totalidad de un trazado no es siempre factible ni indispensable; en la mayoría de los casos, basta con respetar las normas aquí consignadas para evitar efectos contraproducentes para la seguridad y la estética de la vía.

La superposición de los elementos del trazado en planta y perfil, unidos a las características transversales de la carretera, constituye una visión tridimensional o espacial, denominada también perspectiva. En la **Figura 601.01**, se muestra combinaciones de los elementos verticales y horizontales del trazado, con su correspondiente apariencia en perspectiva.

Figura 601.01
Combinaciones en planta y perfil, y su perspectiva

PLANTA	PERFIL	PERSPECTIVA
TANGENTE	TANGENTE	
TANGENTE	CURVA	
TANGENTE	CURVA	
CURVA	TANGENTE	
CURVA	CURVA	
CURVA	CURVA	

601.02 Criterios generales de diseño

Para conseguir una adecuada coordinación de los elementos del trazado en planta y perfil, se tendrá en consideración los siguientes criterios generales:

1. Los puntos de tangencia de toda curva vertical, en coincidencia con una curva horizontal, estarán situados dentro de la clotoide en planta y lo más alejados posibles

del punto de radio infinito. En general los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo.

2. Debe cumplirse la siguiente relación:

$$5A \leq \frac{L}{R} \leq 10A$$

Dónde:

L: Longitud de curva vertical (m)

A: Valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes (tanto x 1)

R: Radio de curva circular en planta (m)

3. En carreteras con velocidad de diseño igual o menor a 60 km/h, debe cumplirse la siguiente condición:

$$L = \frac{100\ A\ R}{p}$$

Dónde:

p : Peralte correspondiente a la curva circular (%)

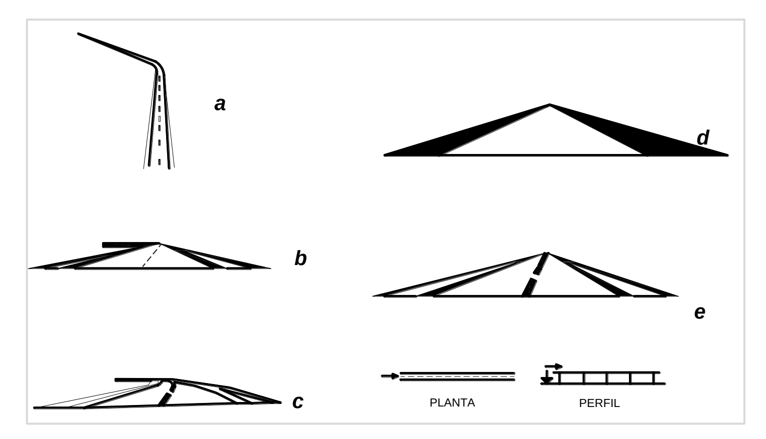
L, A y R : Ídem, numeral anterior (2)

601.03 Casos de coordinación del trazo en planta y perfil

A continuación se presentan casos recomendables y no deseables de coordinación de los elementos del trazado en planta y perfil:

1) En la Figura 601.02, se muestran imágenes en perspectiva o guía óptica de combinación de elementos de trazado en planta y perfil. En **(a)**, se aprecia el empleo de una curva en planta de pequeño desarrollo entre dos alineamientos rectos largos; en **(b)**, se aprecia dicho fenómeno; y en **(c)**, queda resuelto el mismo, mediante la utilización de curvas de acuerdo a radios de curvatura más amplios. Asimismo en **(d)** y **(e)**, se muestran dos plataformas en perspectiva, la primera, sin demarcación horizontal, contrasta negativamente con la otra cuyas bandas pintadas ofrecen una mejor guía óptica.

Figura 601.02
Casos de imágenes en perspectiva y guía óptica

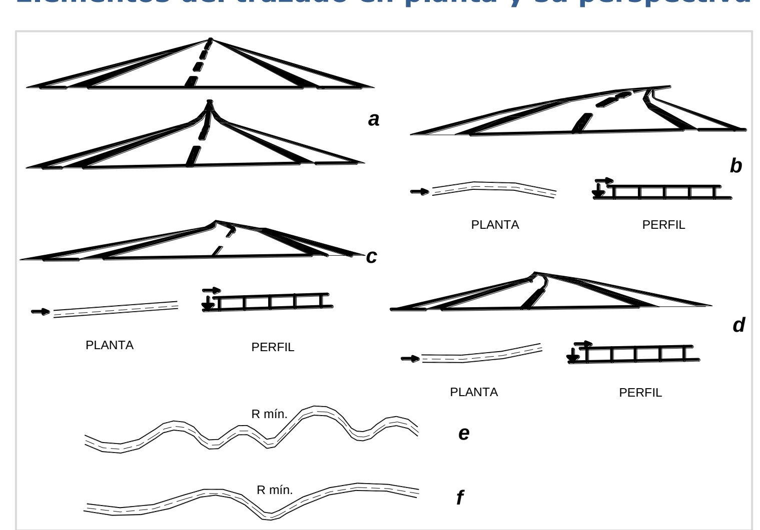


2) En las Figura 601.03, se aprecian elementos de trazado en planta y su perspectiva. En **(a)**, se aprecia en perspectiva tramos con tangentes largas que producen la sensación de rigidez, las mismas que deben evitarse mediante curvas verticales cóncavas de gran parámetro, que disminuyen el encandilamiento y permiten apreciar

la velocidad de los vehículos enfrentados; en **(b)**, se aprecia tramos en tangente de desarrollo breve entre dos curvas del mismo sentido, que producen un efecto estético indeseable y ofrecen una perspectiva equívoca al conductor; en **(c)**, se aprecia una curva de pequeño desarrollo entre dos alineamientos en tangentes largos que produce mala imagen visual; y en **(d)**, se muestra la solución al problema antes indicado, mediante una curva amplia.

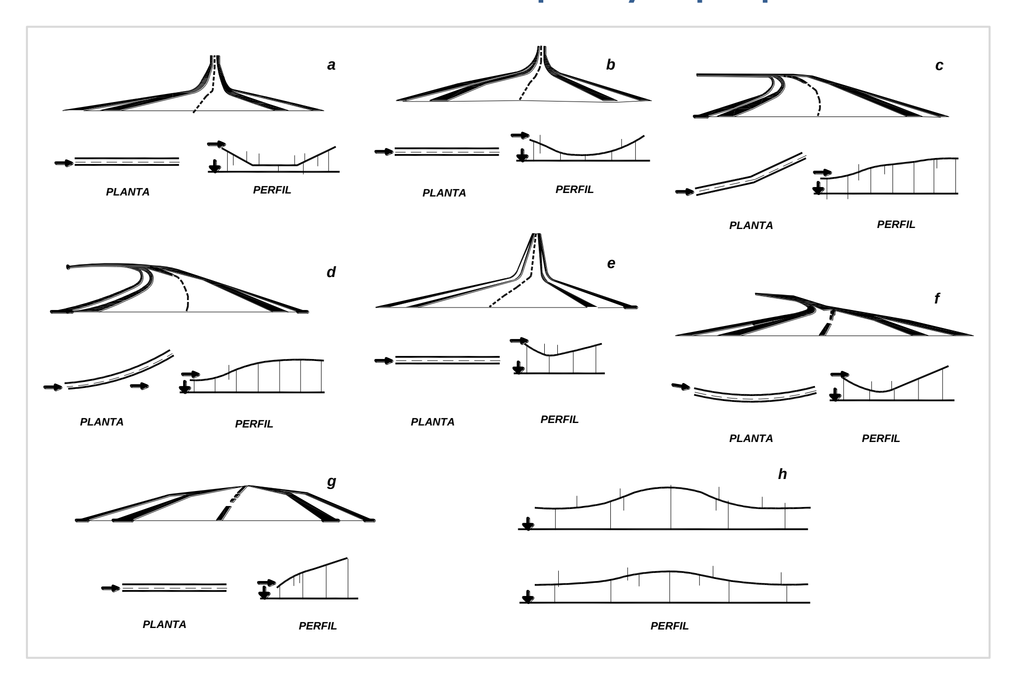
Asimismo en **(e)**, se aprecia un trazado dónde la topografía obliga a la utilización de curvas de radios mínimos. En cambio, dónde los alineamientos en tangente amplios induzcan a velocidades de operación que pueden exceder a las de diseño, el intercala miento de un radio mínimo es peligroso, tal como se aprecia en **(f)**, por lo que deben utilizarse curvas más amplias.

Figura 601.03
Elementos del trazado en planta y su perspectiva



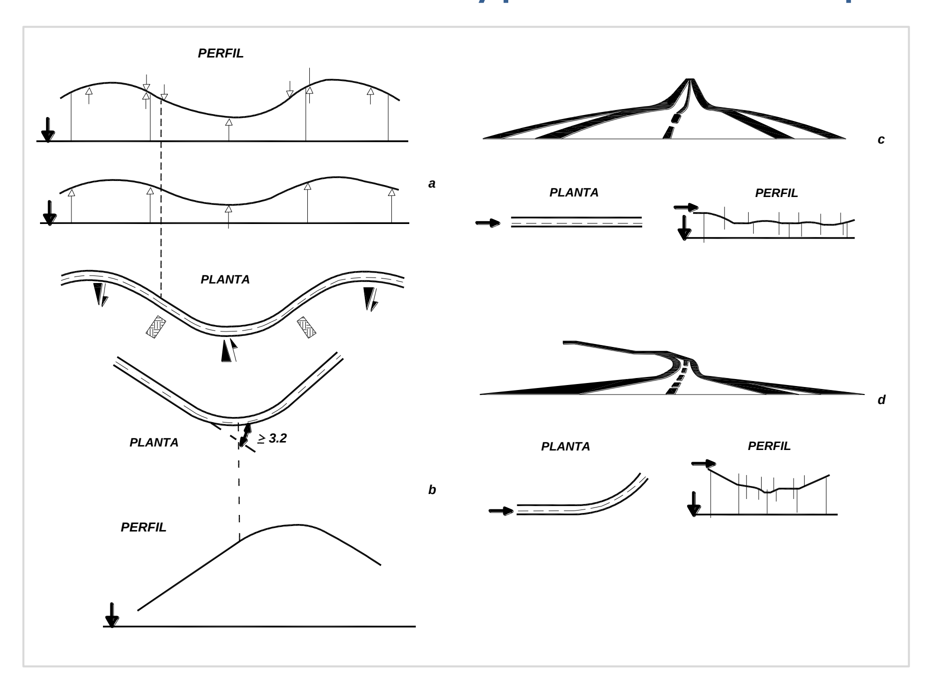
3) En la **Figura 601.04**, se aprecian elementos de trazado en perfil y su perspectiva. En **(a)**, se aprecia tangentes cortas, entre dos curvas cóncavas y en **(c)**, entre dos curvas convexas, que dan sensación de ambigüedad y no deben ser utilizadas. En **(b)** y **(d)**, se muestra la solución a lo anterior, reemplazándolas por curvas verticales únicas y amplias; en **(e)** y **(f)**, se muestran las curvas verticales cóncavas que favorece el guiado óptico, evitando valores reducidos entre tramos largos de pendiente constante, ya sea con trazados en planta rectos o curvos, puesto que estas configuraciones, vistas desde lejos, presentan una discontinuidad evidente; en **(g)**, se muestran las curvas convexas que enlazan pendientes del mismo sentido, se deben evitar los parámetros reducidos, puesto que ellas dan la sensación de quiebre, debiendo usarse parámetros verticales lo más grandes posibles; en **(h)**, se muestra el perfil longitudinal en parajes con ondulaciones acentuadas, deben preferirse parámetros convexos mayores que los cóncavos, para mejorar la visibilidad en las zonas de relieve abrupto; finalmente en **(i)**, en parajes planos, o con poca diferencia de cotas (10 m a lo sumo), son los parámetros cóncavos, los que deben ser mayores que los convexos, para aprovechar al máximo la buena visibilidad que aquellos confieren.

Figura 601.04
Elementos del trazado en perfil y su perspectiva



4) En la **Figura 601.05**, se aprecian la relación entre los elementos de diseño y los puntos de inflexión, del diseño en planta y perfil. En **(a)**, los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo; en **(b)**, en las curvas verticales convexas deberá verse con antelación un tramo de curva en planta correspondiente a unos 3,2º de giro, o sea, la clotoide entera si A = R/3; en **(c)** y **(d)**, la sucesión de curvas verticales en tramos en tangente o en curva, permite una visión del trazado como un tobogán, lo cual por ser antiestético debe evitarse.

Figura 601.05
Relación entre los elementos de diseño y puntos de inflexión en planta y perfil



5) En la **Figura 601.06**, se aprecian situaciones de pérdida de trazado, que consiste en la aparente desaparición de la plataforma a la vista del conductor y que genera un efecto psicológico adverso. En **(a)**, se tiene una pérdida de trazado en tangente; en

(b), se observa el fenómeno en una curva amplia; en **(c)**, el efecto es especialmente peligroso pues no se tiene distancia de visibilidad de adelantamiento; en **(d)**, hay visibilidad de adelantamiento, pero la perspectiva de la vía hace difícil la apreciación de las distancias; en **(e)** y **(f)**, se observan casos extremos de pérdidas de trazado, en los que el conductor, puede equivocar su apreciación en cuanto al desarrollo del trazado y del tránsito en sentido contrario.

Figura 601.06
Situaciones de pérdida de trazado

El indicado efecto psicológico por la pérdida de trazado, no se produce cuando el conductor puede ver sin interrupciones en la carretera, las longitudes indicadas en la **Tabla 601.01**, que corresponden a determinadas velocidades de diseño.

Tabla 601.01
Longitudes que evitan el efecto de pérdida de trazado

V (km/h)	L (m)
40	200
50	250
60	300
70	350
80	400
90	500
100	600
110	700
120	800

6) En lo relacionado a combinaciones no deseables, deben evitarse las siguientes situaciones en carreteras de una calzada :

- Alineación única en planta (tangente o curva) que contenga una curva vertical cóncava o convexa corta.
- Curva vertical convexa en coincidencia con un punto de inflexión en planta.
- Tangente en planta con curvas convexa y cóncava consecutivas.

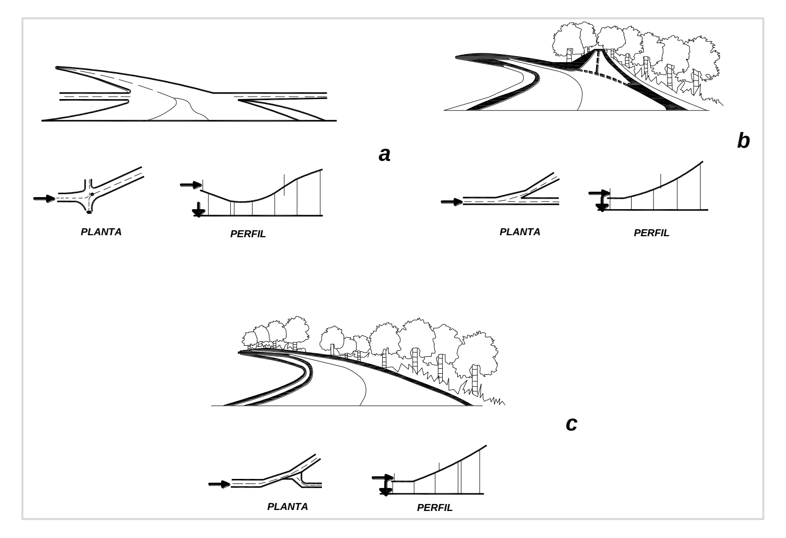
- Tangente seguida de curva en planta en correspondencia con curvas convexa y cóncava.
- Alineamiento en curva, de desarrollo corto, que contenga una curva cóncava corta.
- Conjunto de alineamientos en planta, en dónde puede percibirse dos curvas verticales cóncavas o dos curvas verticales convexas simultáneamente.
- Curva horizontal de radio mínimo, próxima al punto más bajo de una curva vertical cóncava que conecte rasantes de pronunciadas pendientes.

7) Del mismo modo, en autopistas se evitará:

- Curva cóncava en coincidencia con un punto de inflexión en planta.
- Curva vertical corta entre pendientes largas dentro de un mismo alineamiento en planta.
- Rasantes uniformes entre curvas verticales (cóncavas o convexas) consecutivas dentro de un mismo alineamiento en planta.
- Curvas en planta cortas dentro de una curva vertical larga.
- Cuando las rasantes de una y otra calzada son distintas, no se debe variar sus posiciones relativas, si no es en tramos dónde existan combinaciones de curvas horizontales y verticales.

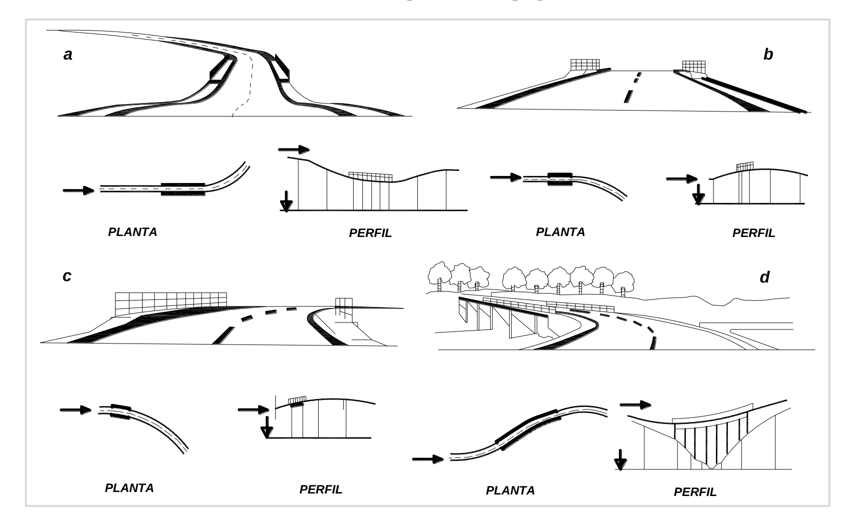
8) La **Figura 601.07**, se muestra casos de coordinación del trazo en planta y perfil en intersecciones. En **(a)**, se indica que las intersecciones deben estar situadas en zonas de amplia visibilidad, lo cual debe cumplirse por lo menos para la vía de mayor importancia; en **(b)**, se muestra que la bifurcación entre dos carreteras de distinta importancia, no debe hacerse de modo que puedan confundir al conductor y en **(c)**, es preferible una salida en un ángulo pronunciado, en lugar a una salida tangencial.

Figura 601.07
Casos de coordinación del trazo en planta y perfil en intersecciones



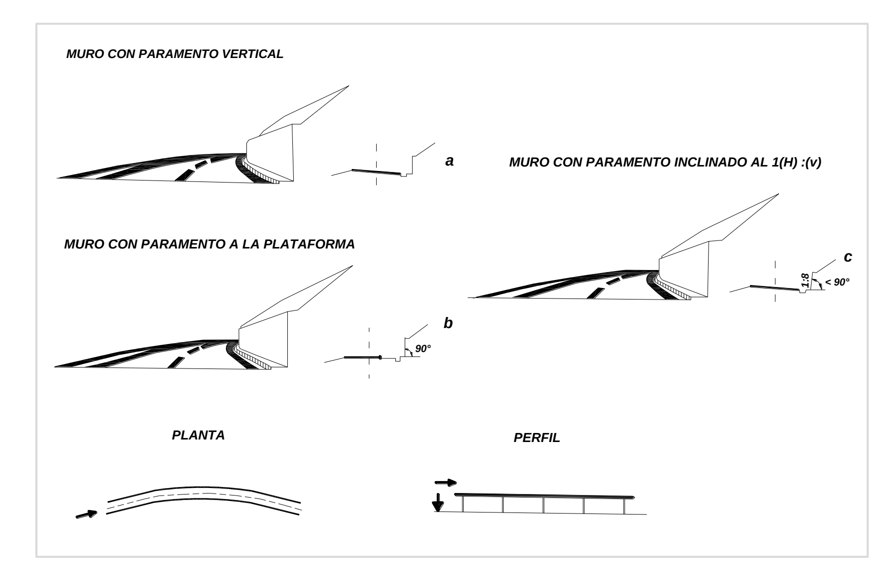
9) En la **Figuras 601.08**, se muestra casos de coordinación del trazo en planta y perfil en estructuras. En **(a)**, se muestra un efecto no deseable y que sin embargo se presenta de forma frecuente; en **(b)**, se muestra que las estructuras no deben ser situadas al comienzo de una curva vertical u horizontal, porque dificultan la visibilidad del camino; en **(c)**, se aprecia que es preferible ubicarlas en zonas de curvatura franca y en **(d)**, se aprecia que en lo posible debe contar con una buena visibilidad previa.

Figura 601.08
Coordinación del trazo en planta y perfil en estructuras



10) En la **Figuras 601.09**, se muestra los casos de coordinación del trazo en planta y perfil con el entorno de la carretera, dónde se observa el efecto de la inclinación de los muros sobre la perspectiva del camino.

Figura 601.09
Coordinación del trazo en planta y perfil con el entorno de la carretera: muros



SECCIÓN 602
Consistencia del diseño geométrico

602.01 Generalidades

El diseño de una carretera, pese a ser abordado de forma separada en planta, perfil y en sección transversal, tiene como producto final una franja tridimensional, en la cual la totalidad de sus elementos generarán un conjunto único de interacción con los usuarios, y determinarán las condiciones reales de operación.

Durante el proceso de diseño, es necesario anticipar la interacción de los elementos de la carretera, con las condiciones probables de operación vehicular, así como con el entorno que ésta afectará, con el fin de evitar sobrecostos derivados de correcciones, durante el proceso de construcción o antes de cumplirse su período de servicio.

La seguridad vial que debe garantizarse en el diseño de una carretera, es un requisito de creciente importancia para la sociedad en su conjunto y para los entes viales en particular. En tal sentido, los caminos deben satisfacer las condiciones de circulación con seguridad y con el mínimo impacto ambiental posible.

La consistencia del diseño geométrico de una carretera, se entiende como la relación de homogeneidad de sus características geométricas y las condiciones de seguridad que espera encontrar el conductor de un vehículo que circula por ella.

Los avances tecnológicos actuales expresados en programas de cómputo, que facilitan la simulación tridimensional del proyecto, son herramientas que, pese a su gran aporte, no permiten la determinación de ciertos detalles del diseño vial, por lo que siempre será necesario estudiar las representaciones en planta, perfil y sección transversal del diseño.

La aplicación de las normas contenidas en el presente Manual, debe dar como resultado un diseño que cumpla con las siguientes condiciones:

- Que el conductor pueda distinguir la superficie de rodadura, así como eventuales obstáculos, a una distancia suficiente que le permita reaccionar adecuadamente.
- Que el conductor pueda apreciar de manera oportuna, puntos particulares tales como intersecciones, confluencias, bifurcaciones, puentes, túneles, etc.
- Tener una percepción continua de la evolución del trazado, evitando confusiones generadas por interrupciones en la geometría, que podrían llevar a respuestas erróneas a los conductores.
- Que el conjunto resultante del proceso de diseño, tenga las mejores condiciones de seguridad vial y el menor impacto ambiental, posibles.

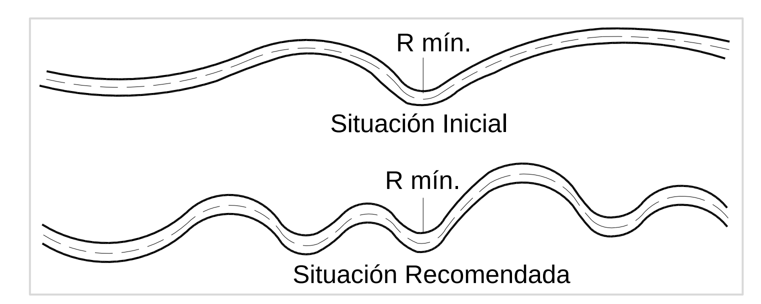
602.02 Interacción del diseño en planta, perfil y sección transversal

A continuación se presentan algunos criterios generales, para lograr un diseño geométrico que contenga una adecuada interacción entre el diseño en planta, perfil y sección transversal:

602.02.01 Combinaciones recomendables

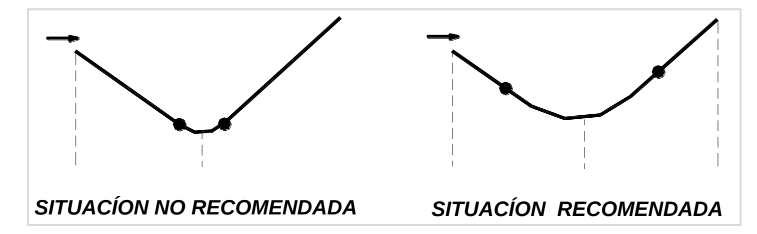
- Cuando se presenten variaciones en el tipo de terreno que obliguen a la ubicación de curvas horizontales y verticales con parámetros cercanos al mínimo, se debe generar una transición de la geometría en las zonas adyacentes, de tal forma que se facilite a los conductores realizar los ajustes necesarios a la velocidad. Ver **Figura 602.01**.

Figura 602.01
Transición de geometría en zonas adyacentes a curvas horizontales y verticales



- Se debe buscar la coincidencia de curvas horizontales y verticales, siempre que los valores de diseño para cada una, no se encuentren muy cercanos o exactamente en los mínimos permitidos. Lo anterior tiende a aumentar la ocurrencia de tramos con visibilidad de adelantamiento y mejorar las condiciones de drenaje, entre otras. Cuando se realice esta superposición empleando curvas convexas, se debe permitir que los conductores identifiquen la presencia y magnitud de la curva horizontal antes de generarse el cambio de pendiente longitudinal, es decir, se debe limitar la longitud de la curva vertical convexa según el tipo de curva horizontal, de la siguiente manera:
  - Si la curva es espiral-circular-espiral, el desarrollo de la curva vertical deberá realizarse dentro del tramo circular central.
  - Si se emplea una curva espiral – espiral, el desarrollo de la curva vertical deberá permitir al conductor apreciar más de la mitad de la longitud de la curva horizontal.
  - Si la curva es circular simple, el desarrollo de la curva vertical se deberá realizar en una longitud inferior a la de la horizontal.
  - Si se emplean curvas circulares compuestas, la longitud de la curva vertical deberá permitir al conductor apreciar por lo menos dos curvas simples consecutivas.
- En terrenos planos, deben sustituirse los tramos en tangente de gran longitud, por curvas horizontales de gran dimensión, buscando disminuir el efecto de monotonía, causada por alineamientos muy largos, así como el deslumbramiento durante la noche.
- El uso de curvas verticales cóncavas es recomendable, siempre que se encuentren acorde con la longitud del tramo de pendiente constante, requiriéndose mayores longitudes de curva entre mayor sea la longitud de las pendientes adyacentes. Ver **Figura 602.02**.

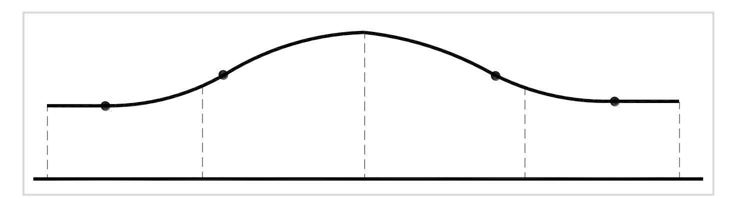
Figura 602.02
Uso recomendable de curvas verticales cóncavas



- En sectores de la carretera dónde el terreno presente ondulaciones acentuadas, se deben emplear curvas verticales convexas de mayor longitud que las cóncavas,

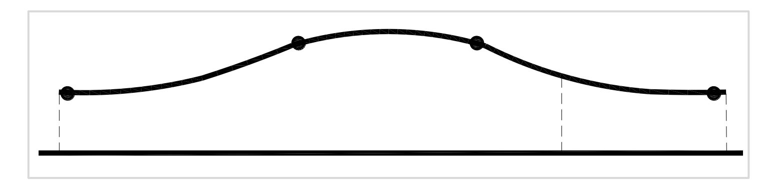
buscando con esto mejorar las condiciones de visibilidad en las partes altas. Ver **Figura 602.03**.

Figura 602.03
Curva vertical convexa de mayor longitud que las cóncavas



- En terrenos planos o con ondulaciones bajas, se deben emplear longitudes mayores para las curvas verticales cóncavas que para las convexas, buscando aprovechar las condiciones de visibilidad de las primeras. Ver **Figura-602.04**.

Figura 602.04
Curvas verticales cóncavas de mayor longitud que la convexa

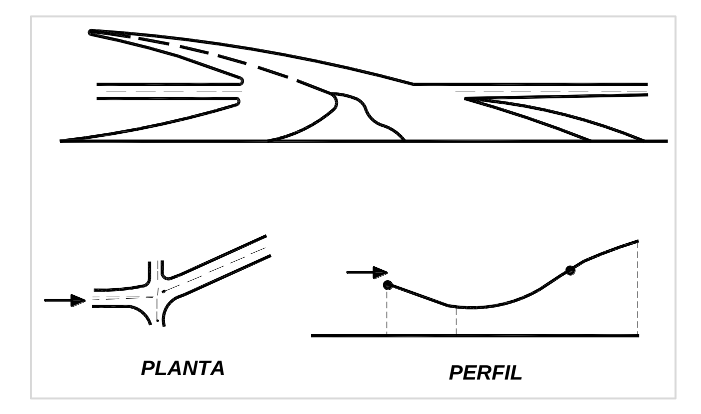


602.02.02 Combinaciones recomendables de la carretera con sus elementos complementarios

Puentes e intersecciones:

- Las intersecciones deben estar ubicadas en zonas de amplia visibilidad, tanto en la vía de circulación, como en la vía o vías con que se intersectan. En la mayoría de los casos, se recomienda el uso de curvas verticales cóncavas. En caso de no poderse cumplir esta condición para las dos vías, se le debe dar prioridad a la vía de mayor importancia. Ver **Figura 602.05**.

Figura 602.05
Ubicación recomendada de intersección

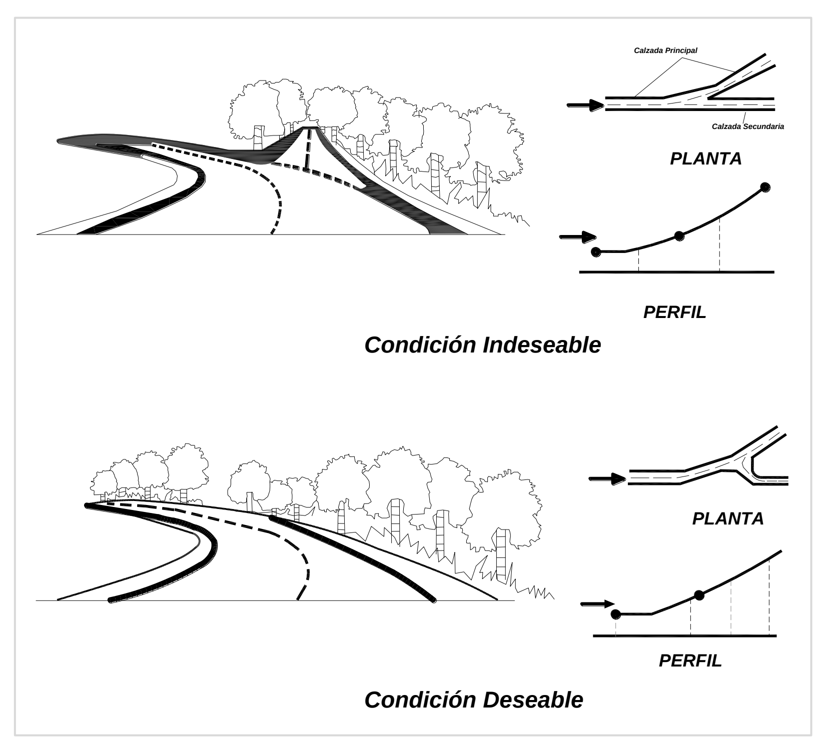


- La presencia de bifurcaciones, debe estar claramente definida para evitar confusión a los conductores. Su diseño debe resaltar la prioridad de la vía principal, y para la vía de menor importancia se debe plantear la intersección mediante un ángulo

pronunciado, que permita una respuesta adecuada por parte de quienes ingresan, así como una cómoda transición de velocidades. Ver **Figura 602.06**.



Figura 602.06
Condiciones producidas por una bifurcación



- La siembra de árboles en zonas cercanas a la intersección, puede servir para advertir a los conductores sobre su presencia, siempre que la ubicación de los mismos, no afecte las condiciones de visibilidad, y disminuya el riesgo ante la eventualidad de despistes.
- Los puentes no deben entorpecer las condiciones de operación de la carretera para lo cual se debe procurar que:
  - Su ubicación no genere condiciones geométricas forzadas. Ver **Figura 602.07**.
  - Su sección transversal no debe generar efectos ópticos indeseables, como por ejemplo la disminución aparente del ancho de calzada. Ver **Figura 602.08**.
  - El trazado debe permitir a los conductores su identificación oportuna, evitando el efecto "sorpresa".

Figura 602.07
Condiciones forzadas de ubicación de puentes

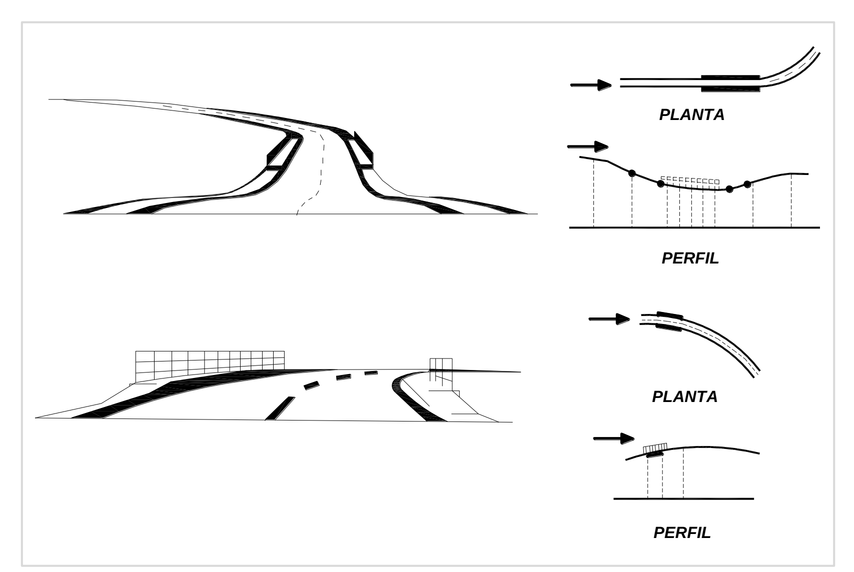
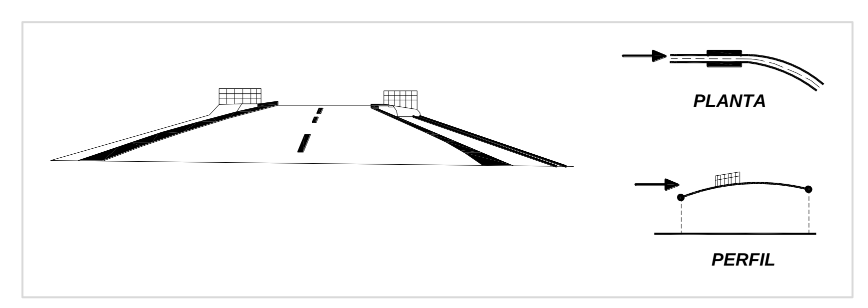


Figura 602.08
Efectos ópticos por la aparente reducción del ancho de calzada



Elementos de drenaje:

Con el fin de aumentar la durabilidad del conjunto de elementos de la vía, así como disminuir la afectación a la operación vehicular y peatonal, es necesario contar con un sistema de drenaje adecuado. En general, los elementos de drenaje no deben obstaculizar ni generar afectación a las condiciones de operación vehicular, ya sea por disminución física o aparente del ancho de calzada. A continuación se indican algunas recomendaciones que deben ser tenidas en cuenta en el diseño:

- Las obras de drenaje, deben evitar al máximo las concentraciones de agua en la vía, las cuales generan disminución en la velocidad de los vehículos, y en casos críticos accidentes por el fenómeno de "hidroplaneo".
- En lo posible, las obras de drenaje no deben ubicarse dentro de curvas horizontales de radios cercanos al mínimo, por el efecto restrictivo que generan sobre los conductores y que los obliga a realizar operaciones súbitas de frenado.
- El diseño de las cunetas, debe permitir la conducción de las aguas superficiales sin que su geometría (sección transversal), se constituya en un riesgo para los vehículos en caso de despiste y ocasional volcamiento, ante el evento que algún vehículo traspase el borde exterior de la berma.
- En zonas de cruce de peatones, se debe tener precaución en que las aguas de escorrentía no afecten el paso de éstos.
- Tener especial cuidado en los sitios de descarga de las estructuras de drenaje, a fin de evitar efectos de erosión y otros daños.

Iluminación:

La iluminación constituye uno de los principales elementos para garantizar la operación de la vía durante la noche, siendo importante prever algunos casos:

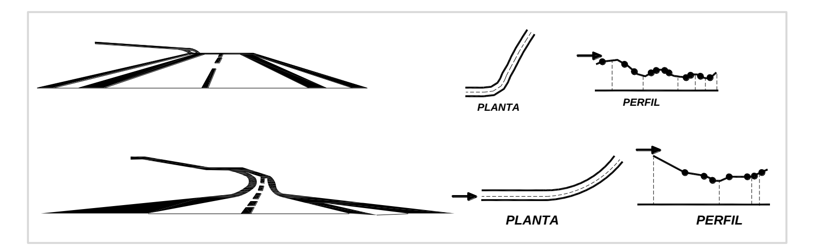
- El paso por zonas urbanas.
- Intersecciones a nivel o desnivel, dónde se requiere mejorar la visibilidad para la identificación de particularidades.
- En puentes y túneles, dónde por sus particularidades se requiera iluminación por seguridad vial.

602.02.03 Combinaciones no recomendables

En el diseño deben evitarse las siguientes combinaciones en planta, perfil y sección transversal:

- Tangentes de gran longitud seguidos de curvas horizontales de radios mínimos.
- Tangentes de gran longitud a expensas de pendientes fuertes.
- Pendientes bajas a expensas de desarrollos en planta muy extensos.
- Combinaciones que conduzcan a la pérdida de trazado entendiéndose por esta, a la aparente desaparición visual de la vía y su súbita reaparición, a una distancia inferior a la requerida para recuperar el control del vehículo.
- En terrenos planos y ondulados, la sucesivas curvas verticales y de corta longitud produce el efecto de pérdida de trazado y de disminución de los tramos de adelantamiento, más aún, cuando se suman curvas en planta sucesivas; como se ve en **Figura 602.09**.

Figura 602.09
Curvas verticales sucesivas



- Cuando las situaciones antes indicadas no puedan evitarse, es conveniente proveer visibilidad continua a la carretera, en las longitudes indicadas en la **Tabla 602.01**.

Tabla 602.01
Longitudes de visibilidad continua

Velocidad (km/h)	Longitud (m)
30	150
40	200
50	250
60	300
70	350
80	400
90	500
100	600
110	700
120	800



ANEXO I
GUÍA DE CONTENIDO DE LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS DE CARRETERAS

CONTENIDO DE LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS DE CARRETERAS

La presente guía, tiene por finalidad uniformizar y estandarizar el contenido de los expedientes que constituyen los estudios definitivos de construcción, rehabilitación y mejoramiento de carreteras, en concordancia con las normas vigentes sobre la materia.

Contenido

De acuerdo a lo establecido por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado por decreto supremo N° 034-2008-MTC y sus modificatorias, los estudios definitivos de carreteras, contienen como mínimo lo siguiente:

Capítulo I : Resumen ejecutivo
Capítulo II : Memoria descriptiva
Capítulo III : Metrados
Capítulo IV : Análisis de precios unitarios
Capítulo V : Presupuesto
Capítulo VI : Fórmulas polinómicas (según corresponda)
Capítulo VII : Cronogramas
Capítulo VIII : Especificaciones técnicas
Capítulo IX : Estudios de ingeniería básica

- Tráfico
- Topografía
- Suelos, canteras y fuentes de agua
- Hidrología e hidráulica
- Geología y geotecnia (incluye estabilidad de taludes)
- Seguridad vial

Capítulo X : Diseños:

- Geométricos
- Pavimentos
- Estructuras
- Drenaje
- Seguridad vial y señalización

Capítulo XI : Plan de mantenimiento
Capítulo XII : Estudio socio ambientales
Capítulo XIII : Planos

Capítulo I: Resumen ejecutivo

El resumen ejecutivo del estudio definitivo de una carretera, es el compendio general del proyecto, exponiendo en forma genérica, pero clara el contenido y objetivo del mismo. Asimismo, deberá incluir el resumen de las obras planteadas en las partidas genéricas y específicas.

El resumen ejecutivo debe ir en un tomo independiente, conteniendo el resumen de cada uno de los capítulos, y entre otros, la siguiente información específica:

- Localización del proyecto en el mapa del país.
- Localización del proyecto en el mapa vial departamental
- Plano clave del proyecto
- Secciones transversales típicas.

- Resumen del diseño geométrico en planta y perfil: curvas horizontales y curvas verticales, pendientes máximas y mínimas, longitud de carretera, y radios de curvatura mínimo y máximo.
- Resumen de obras de drenaje: alcantarillas, cunetas revestidas y sin revestir, subdrenes, zanjas de coronación, y otros.
- Resumen de puentes, túneles y obras complementarias
- Resumen de los estudios de ingeniería básica, plan de mantenimiento y estudio socio ambiental.
- Aspectos importantes y particulares del proyecto
- Resumen de metrados
- Presupuesto
- Cronograma de actividades.

Capítulo II: Memoria descriptiva

Consiste en la descripción general del proyecto, indicando su ubicación y características generales, en lo concerniente a orografía, clima, altitud, poblaciones que atraviesa, distancias respecto a las principales ciudades cercanas, población beneficiada, facilidades de acceso y otras particularidades del proyecto.

En este capítulo, debe describirse todas las actividades a realizar para alcanzar los objetivos del proyecto, de manera que la entidad contratante pueda tener claridad sobre los criterios utilizados, los análisis realizados y los diseños adoptados; asimismo, debe indicarse la fuente de la información estadística que se incluya, así como gráficos, cuadros y fotografías según sea el caso.

Por tanto, este capítulo debe contener un orden lógico de ejecución de las distintas actividades del proyecto y la sustentación de los parámetros usados, bien sea mediante referencia bibliográfica, resultados de auscultaciones de campo o ensayos de laboratorio, y/o memorias de cálculo aplicables al proyecto.

Capítulo III: Metrados

Este capítulo contendrá las cantidades de las actividades o partidas del proyecto a ejecutar, tanto en forma específica como global precisando su unidad de medida y los criterios seguidos para su formulación, en concordancia con lo establecido en el "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, vigente, abarcando básicamente lo siguiente:

- Trabajos preliminares
- Movimiento de tierras
- Pavimentos
- Drenaje y obras complementarias
- Transporte
- Señalización y seguridad vial
- Protección ambiental
- Puentes y túneles
- Otros

Los metrados deberán estar sustentados por cada partida, con la planilla respectiva y con los gráficos y/o croquis explicativos que el caso requiera.

Capítulo IV: Análisis de precios unitarios

Los análisis de precios unitarios, contienen el costo de los recursos de mano de obra, materiales y equipos necesarios para cumplir de manera integral la actividad o partida correspondiente, en concordancia con lo establecido en el "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, vigente. Estará conformado básicamente por:

- Bases de cálculo de los costos
- Análisis de costo directo
- Análisis de los costos indirectos
- Resumen de los componentes de los costos

Capítulo V: Presupuesto

Constituye la determinación del costo total del proyecto, y comprenderá las partidas genéricas y específicas, alcances, definiciones y unidades de medida acorde a lo establecido en el "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, vigente; asimismo, será determinado en base a los metrados y precios unitarios correspondientes e incluirá los gastos generales, utilidades, impuestos y demás requeridos por la entidad contratante.

Capítulo VI: Fórmulas polinómicas

Acorde a la normatividad vigente sobre la materia, el expediente del estudio incluirá o no, la o las fórmulas polinómicas de reajuste automático de precios, correspondientes.

Capítulo VII: Cronogramas

El cronograma de obras, comprende la programación de la ejecución secuencial y ordenada de las partidas genéricas y específicas establecidas en el estudio, estableciendo la Ruta Crítica correspondiente, con la finalidad de alcanzar los objetivos del proyecto. Incluye además, los cronogramas de utilización de materiales y equipos.

Los cronogramas, serán elaborados de acuerdo al método de programación que establezca la entidad contratante.

Capítulo VIII: Especificaciones técnicas

Serán las correspondientes a las establecidas por el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, vigente. En caso que las particularidades del proyecto, requiera la inclusión de actividades no contempladas en el indicado Manual, se anexará las correspondientes "Especificaciones Especiales", que serán aprobadas por la entidad contratante y reportadas al órgano normativo correspondiente.

Capítulo IX: Estudios de ingeniería básica

Los estudios de Ingeniería básica, comprenderá lo siguiente:

Tráfico

El Estudio de tráfico deberá contener básicamente lo siguiente:

- Identificación de "tramos homogéneos" de la demanda.
- Conteos de tráfico en estaciones sustentadas y aprobadas por la entidad contratante. Los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo, y se realizarán durante un mínimo de 7 días continuos de 24 horas.
- Factores de corrección (horario, diario, estacional), para obtener el Índice Medio Diario Anual (IMDA), por tipo de vehículo y total.

- Encuesta de origen-destino (O/D) del proyecto y de una ruta alterna, con un mínimo de tres días consecutivos (dos días de la semana y sábado o domingo) por estación; el mínimo de estaciones O/D será de tres (03). La encuesta se realizará de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante.
- Censo de carga por tipo de vehículo pesado y por eje (camiones y buses). El censo se efectuará durante 4 días y un mínimo de 12 horas cada día (turno día y noche) hasta completar dos días.

El estudio de tráfico descrito en párrafos arriba es vital e importante para definir los parámetros de diseño de ingeniería (clasificación de la vía, diseño de la calzada y bermas, cálculo EAL, diseño de pavimento, etc.), y para la evaluación económica.
Asimismo, este estudio puede incluir otros aspectos en función a las particularidades del proyecto que serán especificadas por la entidad contratante.

Topografía

Contendrá la información de los trabajos topográficos realizados, en forma directa e indirecta de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante. Incluirá la información cartográfica georeferenciada correspondiente, a las escalas requeridas, considerando las áreas levantadas, longitud de poligonales, magnitud de los errores de cierre, puntos de control enlazados a la Red Geodésica Nacional GPS en el sistema WGS84, estableciendo en cada uno de ellos sus coordenadas UTM y geográficas, comprendiendo básicamente lo siguiente:

- Definición de la franja a levantar, teniendo en cuenta, la longitud del proyecto y considerando un ancho suficiente para poder efectuar variaciones del trazo.
- Establecimiento de una red de puntos ubicados a distancias no mayores a 10 metros o según lo establezcan los documentos de la entidad contratante.
- Colocación de BMs (Bench Mark) cada 500 m o a las distancias que establezca la entidad contratante, tomando como referencia las cotas de los hitos de control vertical del IGN, o con la aprobación de la entidad contratante, se podrá establecer la indicada cota de referencia mediante otro método.
- Detalles planimétricos, altimétricos, planos topográficos, levantamientos complementarios y otros, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante.

Suelos, canteras y fuentes de agua

Comprenderán los trabajos de campo, laboratorio y gabinete que permitan evaluar y establecer las características físico-mecánicas de los suelos de fundación que abarque el estudio, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante, estableciendo básicamente lo siguiente:

- El Perfil Estratigráfico en las escalas correspondientes, cuyos resultados se obtendrán luego de efectuar las respectivas prospecciones de campo, así como los análisis y pruebas de laboratorio. Representará en forma gráfica los tipos de suelos y características físico – mecánicas, espesor de los estratos, nivel freático y demás detalles.
- Para el caso de variante o vías de evitamiento, se realizará además las investigaciones geológicas y geotécnicas necesarias.
- En lo relativo a cantera y fuentes de agua, en forma similar se efectuarán los trabajos de campo, laboratorio y gabinete correspondiente, estando orientados a establecer las características físico-mecánicas de los materiales a utilizarse en la ejecución de la Obra. El estudio determinará un diagrama de canteras y fuentes de agua, en el cual se detallará entre otros aspectos, la ubicación de las canteras y

puntos de agua, longitud y estado de los accesos, características y calidad de los materiales, resultados de ensayos de laboratorio, usos, potencia, rendimiento, tratamiento, periodo, equipo de explotación, planos y otros.

Hidrología e hidráulica

Comprenderá los resultados del estudio hidrológico de la zona del proyecto y el diseño hidráulico de las obras de drenaje y complementarias correspondientes, teniendo como base el reconocimiento de cada uno de los cauces y estructuras hidráulicas de evacuación, y estableciendo los parámetros de diseño de las nuevas estructuras o tratamiento de las existentes.

El estudio contendrá los resultados de los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, incluyendo entre otros, el diseño de las obras de drenaje requeridas, que comprenda los planos y memoria de cálculo correspondiente, cumpliendo con las disposiciones del Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, vigente, teniendo básicamente en consideración lo siguiente:

- Estudio del régimen hidráulico en los sectores previstos con los resultados obtenidos del estudio hidrológico y establecimiento de los parámetros de diseño.
- Justificación técnica de las obras de drenaje superficial y subterráneas requeridas por el proyecto.
- Evaluación del estado de las obras de drenaje existentes, en cuanto a su capacidad de carga, sección, condición, etc.; con la finalidad de determinar su reforzamiento, ampliación o reemplazo.

Geología y geotecnia (incluye estabilidad de taludes)

Comprenderá el resultado del estudio geológico y geotécnico del proyecto, incluyendo el estudio de estabilidad de taludes, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante.

El estudio geológico que tiene por finalidad, establecer las características geológicas de la zona del proyecto, se realizará en base al Cartografiado Geológico a nivel de Geología Regional, utilizando como información base, los Cuadrángulos Geológicos publicados por el INGEMMET y la información topográfica existente (IGN, MINISTERIO AGRICULTURA, SAN).

La información Geológica Regional obtenida, deberá ser presentada en un mapa geológico que describirá los resultados del trabajo de campo, la cual tendrá concordancia con la información base antes indicada. Deberá presentar la interpretación geomorfológica, estratigráfica, litográfica, geología estructural en el emplazamiento de cada tramo, sobre el cual además, se identificará los poblados, quebradas principales, sectores críticos é inestables y otros que requiera el proyecto.

El estudio geotécnico que tiene por finalidad, la aplicación de la tecnología a la ejecución del proyecto, en función a las características geológicas obtenidas en el estudio. Será presentado en un mapa que deberá describir las evidencias geológicas – geotécnicas encontradas en el campo. La información descrita deberá ser concordante con los resultados de la Información Regional obtenida.

El indicado mapa, identificará además de los poblados y quebradas principales, los sectores críticos o inestables que evidencien movimientos de masas caracterizados por hundimientos, asentamientos, deslizamientos, derrumbes y demás elementos de utilidad al estudio. Además, deberá indicar las medidas correctivas para el tratamiento de los puntos críticos debidamente identificados, ubicados y dimensionados.

El estudio geotécnico, incluirá el análisis de Estabilidad de Taludes del proyecto, para cuyo efecto se deberán efectuar ensayos Estándar y Especiales (Clasificación, Límites de

Atterberg, Contenido de Humedad, Corte Directo, Triaxiales, etc.) como medios de obtención de los parámetros geotécnicos de los materiales existentes.

El estudio geotécnico, por lo general debe contener lo siguiente:

- Evaluación de la subrasante
- Evaluación de la estructura del pavimento existente
- Caracterización de los materiales y análisis de estabilidad de terraplenes
- Estudio de estabilidad de taludes en corte y de laderas aledañas.
- Estudio de fundaciones para estructuras
- Evaluación de materiales para concretos y estructura de pavimentos.

Seguridad vial

Comprenderá el resultado del estudio de dispositivos y seguridad vial del proyecto, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante, en concordancia con el Manual de Seguridad Vial y el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigentes, y demás dispositivos normativos sobre la materia.

Los resultados del estudio deberán incluir básicamente lo siguiente:

- Análisis del proyecto (tipos de accidentes, factores y puntos de concentración de accidentes, registro y análisis de las características físicas actuales para identificar los factores que puedan afectar la seguridad vial, alumbrado público en zonas urbanas, alineamiento horizontal y vertical inadecuado, intersecciones inadecuadas, estrechamiento de la vía o deformaciones de la superficie, bermas inexistentes o inadecuadas, puntos de cruce y recorrido de animales, peatones y ciclistas, paradas de buses, inadecuados dispositivos de seguridad vial, insuficiente o inadecuada señalización y otros).
- Análisis de las características físicas de la vía proyectada, para identificar los factores que puedan afectar la seguridad vial.
- Diagnóstico integrado, considerando los resultados del estudio de tráfico y demarcación en planta de los puntos de concentración de accidente.
- Definición de medidas para reducir y prevenir accidentes de tránsito.
- Sistemas de contención Tipo Barreras de Seguridad.

Capítulo X Diseños:

Geométricos

El diseño geométrico del proyecto deberá cumplir con las disposiciones del presente Manual de Diseño Geométrico, conteniendo la memoria de cálculo, planos y demás documentos, según corresponda y teniendo en consideración básicamente lo siguiente:

- Criterios técnicos generales adoptados para el diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal del proyecto.
- Clasificación del proyecto.
- Velocidades de diseño del proyecto por tramos homogéneos.
- Visibilidad, curvas horizontales y verticales, tangentes, pendientes, peraltes, sección transversal, taludes, intersecciones, etc.
- Verificación de la funcionalidad, operatividad y consistencia de los elementos de la infraestructura vial efectuando simulación en 2D y 3D utilizando un software especializado.

- Memoria de cálculo, planos y otros, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante.

Pavimentos

El diseño del pavimento del proyecto deberá cumplir con las disposiciones del Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos vigente, conteniendo la memoria de cálculo, planos y demás documentos, según corresponda y teniendo en consideración básicamente lo siguiente:

- Resumen de los parámetros de diseño de la estructura de pavimento.
- Presentación de los análisis de laboratorio efectuados, sustentando adecuadamente las metodologías usadas.
- Estrategia de mantenimiento o conservación, en función a la evolución de daños en el tiempo y las medidas correctivas correspondientes.
- Resumen de las distintas acciones que deberán efectuarse desde el inicio hasta el final de la vida útil del proyecto.

Estructuras

Consiste en el diseño de los diferentes tipos de estructuras del proyecto, tales como puentes, túneles, obras de drenaje, muros, obras complementarias y otros, debiendo cumplir la normatividad vigente sobre la materia, conteniendo la memoria de cálculo, planos y demás documentos, según corresponda y teniendo en consideración básicamente lo siguiente:

- Los criterios de diseño utilizados.
- La normativa aplicada.
- La justificación técnica, del tipo y magnitud de las cargas.
- Mediciones, ensayos y evaluaciones para determinar la condición funcional y estructural de las obras de drenaje existentes.
- Resúmenes de los principales resultados y comprobaciones.

Drenaje

Comprenderá los resultados del diseño hidráulico de las obras de drenaje requeridas por el proyecto, tales como alcantarillas, cunetas, zanjas de coronación, subdrenes, disipadores de energía, badenes, etc., cumpliendo con las disposiciones del Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, vigente y contendrá la memoria de cálculo, planos y demás documentos, según corresponda, teniendo básicamente en consideración lo siguiente:

- Diseño de los sistemas de drenaje requeridos, cuyo funcionamiento debe ser integral y eficiente.
- Diseño de rehabilitación o reparación de estructuras existentes que se mantienen en el proyecto y diseño de las obras de reemplazo.
- Diseño adecuado de la altura de la rasante de la vía, en zonas de topografía plana o terrenos de cultivo bajo riego adyacentes, para evitar efectos de inundación y saturación de la plataforma.
- Diseño de manejo adecuado de la precipitación pluvial, que posibilite el restablecimiento de la cobertura vegetal.

Seguridad vial y dispositivos

Comprenderá el diseño de los dispositivos de control del tránsito vehicular y los elementos de seguridad vial del proyecto, incluyendo los planos de dispositivos y los procedimientos de control, en concordancia con el Manual de Seguridad Vial y el Manual

de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigentes, y demás dispositivos normativos sobre la materia, incluyendo básicamente lo siguiente:

- Diseño de los dispositivos en concordancia con lo dispuesto en el Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.
- Diseño de la ubicación de los elementos de seguridad vial tales como sistema de contención tipo barreras de seguridad, sistemas inteligentes de transporte, reductores de velocidad tipo resaltos, lechos de frenado y otros según corresponda, en concordancia con el Manual de Seguridad Vial.

Capítulo XI: Plan de mantenimiento

Comprende el programa de mantenimiento rutinario y periódico durante la vida útil del proyecto, incluyendo el programa de mantenimiento de la etapa de ejecución del mismo, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante y la normativa aplicable sobre la materia. El plan contendrá básicamente lo siguiente:

- Antecedentes e introducción.
- Objetivos generales y específicos.
- Estudio de mantenimiento rutinario y periódico.
- Actividades de emergencia.
- Evaluación de medio ambiente.
- Programa de mantenimiento rutinario y periódico, y actividades de emergencia.
- Cronogramas de mantenimiento rutinario y periódico.
- Costos anuales y cronogramas de desembolso, de las actividades programadas.

Capítulo XII: Estudios socio ambientales

Comprende el resultado del estudio de impacto ambiental del proyecto, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante y en concordancia con la normatividad vigente sobre la materia. Considerará básicamente lo siguiente:

- Evaluación de los impactos ambientales directos e indirectos del ámbito del proyecto.
- Detalle de las medidas mitigadoras, cronogramas y órganos responsables de su implementación, costos, etc.
- Especificaciones ambientales particulares para las obras.
- Medidas de corrección de los pasivos ambientales considerados críticos.
- Plan de reasentamiento involuntario y compensación de la población.
- Certificación de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA) e Interferencias, del proyecto.
- Plan de Manejo Ambiental (PMA), del proyecto.
- Otros según los requerimientos de la normativa vigente.

Capítulo XIII: Planos

Los planos del proyecto, serán presentados en las escalas, formatos, tamaños, cantidades y demás requerimientos de la entidad contratante y de la normativa vigente, serán debidamente identificados, numerados, codificados y protegidos; asimismo, contendrán una leyenda en la que entre otros se indicará la fecha, el nombre del responsable de su elaboración y aprobación, sello y firma, según corresponda. Básicamente abarcará los siguientes planos:

- Ubicación Geográfica del Proyecto
- Clave
- Secciones tipo
- Planta y perfil del proyecto
- Secciones transversales
- Intersecciones

- Diagrama de masas
- Canteras y puntos de agua
- Depósitos de materiales excedentes (DME)
- Pavimentos
- Estructuras (puentes y túneles), obras de drenaje y complementarias
- Taludes y Estabilizaciones
- Señalización y seguridad vial
- Impacto ambiental